FUTURE TRANSPORTATION FUELS

GASEOUS FUELS

Canada

87-00615/

FUTURE TRANSPORTATION FUELS
GASEOUS FUELS

TABLE OF CONTENTS

Introduction	3
What Are Gaseous Fuels?	5
The History of Gaseous Fuels	7
Production and Distribution	11
Today's Use	19
The Future of Gaseous Fuels	35
Glossary	37

© Minister of Supply and Services Canada 1986
Cat. No. M27-74/4-1986E
ISBN 0-662-14868-1

TAXI
PROPANE POWERED
173A

GASEOUS FUELS

INTRODUCTION

Two gaseous fuels, natural gas and propane, have become serious contenders for a share of Canada's transportation fuel market. These gaseous fuels are today's alternatives to oil-based fuels and, as motorists are discovering, are an economical option that is here to stay.

Natural gas is one of Canada's more abundant energy resources. Current reserves are equivalent to about 30 times our annual use, including exports. According to National Energy Board estimates, these reserves are expected to increase at a rate equal to consumption for at least 20 years.

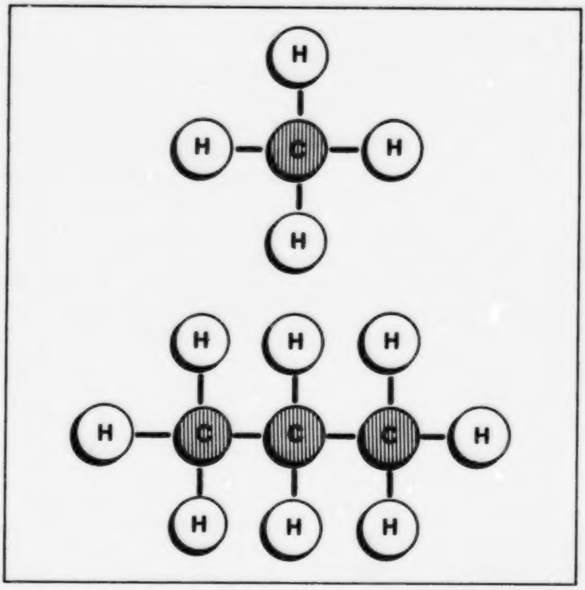
As a group, gaseous fuels offer several alternatives to conventional transportation fuels. They include natural gas in compressed or liquid form, propane or liquefied petroleum gas (LPG) and synthetic natural gas, a term used for any gas that is composed mainly of methane and derived from a source other than natural gas. Coal, for example, can be processed to yield a synthetic gaseous fuel; gas from municipal waste, known as landfill gas, is currently used to fuel stationary motors and for space heating near its source.

Gaseous fuels offer attractive options for Canadians. Natural gas is the key resource, since it is both available and affordable. Eighty per cent of our propane supplies are derived from natural gas; the remainder is a byproduct of crude oil refining. Increasing the use of these fuels in our transportation system would directly lessen dependence on liquid petroleum fuels, reduce imports and free relatively scarce petroleum resources for other uses.

Gaseous fuel storage and spark ignition carburetion technologies are well proven and increasing in popularity. Propane is used as a vehicle fuel in many parts of the world and, in fact, accounts for a substantial proportion of the vehicle fuel used in Holland, Italy and Belgium. Use in Canada was limited until gasoline prices began to climb, prompting many motorists to seek alternatives. Now, propane is a common fuel for Canadian urban fleet vehicles, and is used extensively by taxi fleets, delivery vehicles and school buses, among others.

Compressed natural gas has been used worldwide for four decades and is available to some Canadian motorists today. Although natural gas vehicle fuel is not yet widely available, the necessary infrastructure is being developed. Some fuelling facilities are established, with others soon to follow, primarily in urban areas now served by the natural gas pipeline network. The number of fleet users is increasing wherever natural gas fuelling facilities are available.

This booklet is intended to provide a clear picture of gaseous fuels and their use in Canada. The availability of alternatives to gasoline makes fuel choice an important factor in specifying new vehicle equipment. As gaseous-fuelled vehicles and fuelling centres become commonplace, understanding this technology can be of great benefit to operators purchasing new vehicles or considering conversion of existing vehicles to use alternative fuels.



Methane, with only one carbon atom, is the simplest hydrocarbon. Propane, with three carbon atoms, is slightly heavier and more complex. The variations in molecular structure between the various hydrocarbons are responsible for the differences in their properties.

WHAT ARE GASEOUS FUELS?

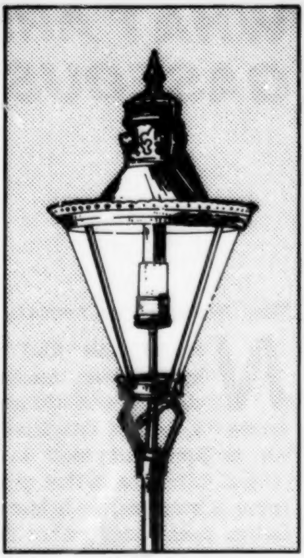
First, Some Basic Chemistry ...

Natural gas and propane are hydrocarbons, combinations of the chemical elements hydrogen (H) and carbon (C), and are thus similar in composition to liquid fuels such as gasoline. The critical difference is that gaseous fuels are richer in hydrogen, the lighter element, which makes them gases rather than liquids at ambient temperatures and pressures.

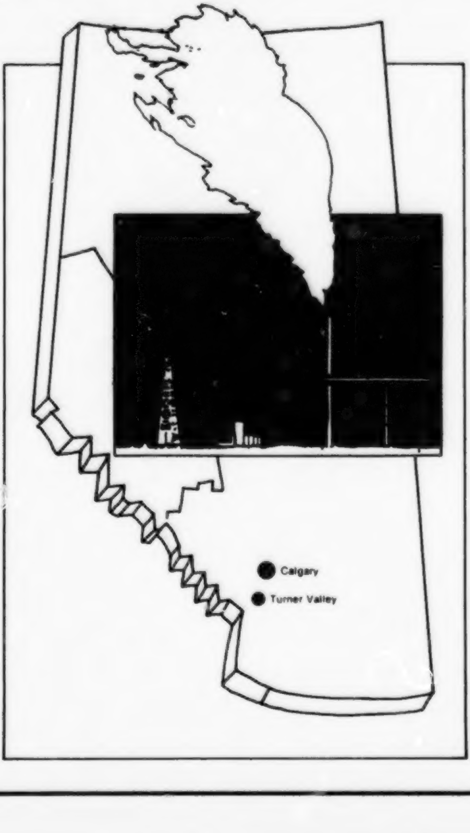
Chemically, the simplest hydrocarbon gas is methane (CH_4). Methane is the principal component of natural gas; in fact, the two terms are often used interchangeably. However, methane has a specific chemical composition, and natural gas is actually a mixture containing methane, ethane, propane, butane and other hydrocarbons, the exact composition of which varies according to its source.

Propane (C_3H_8) is found in both natural gas and petroleum. The propane fuel sold for transportation use contains at least 90 per cent propane; the balance is propylene and butane in varying proportions.

Early gas light burners were just iron pipes with holes in them, but by the late 1800s elegant lamps such as the one shown here lit city streets in Europe and North America.



The enormous quantities of natural gas found in the Turner Valley petroleum formations were considered a nuisance, and much of the gas was flared at the wellhead.



THE HISTORY OF GASEOUS FUELS

Natural and manufactured gas has been used commercially for almost 200 years, although natural gas has been familiar since early times. Illuminating gas manufactured from coal became available in the early nineteenth century in both Europe and the United States. Produced in a furnace in which air supply is restricted to prevent complete combustion, manufactured or 'producer' gas is a mixture of carbon monoxide, hydrogen and nitrogen.

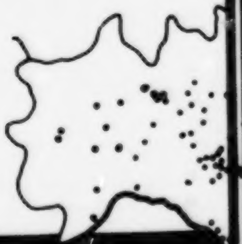
The London Westminster Chartered Gas, Light & Coke Co., founded in England in 1812, made 'inflammable air' and distributed it through wooden pipes for lighting purposes. The first company to manufacture gas in the United States was established in Baltimore in 1816. Lighting by manufactured gas arrived in Toronto and Montreal around 1840, and the use of gas for other domestic purposes, such as cooking, water heating and space heating, as well as for industry followed later in the century.

The first community in North America to make use of natural gas was Fredonia, New York, where in 1821 a shallow well was drilled at the location of a gas seepage. In Canada, with the exception of limited discoveries in southwestern Ontario, the industry developed mainly in the West, beginning in 1883 with the unexpected discovery of gas at Langevin, Alberta, by a CPR crew boring for water. The first commercial field was drilled at Medicine Hat, Alberta, at the turn of the century — one of many in Alberta, culminating in the discovery of the Turner Valley field in 1924.

In the early years most gas was found during the course of exploration for oil, and was looked upon as an inconvenience. As a result, most of the gas was burned off ('flared') until a developing market led to the technique of pumping gas back underground to be drawn off later during a period of heavy demand.

As early as the mid-1800s, during the heyday of manufactured gas in Europe, experimentation began with the idea of using it as a motive power. Throughout the first half of the nineteenth century, only external combustion engines were in use, powered by steam produced from solid fuels like wood and coal. An internal combustion engine, in which the fuel was combined with oxygen inside a cylinder and ignited to move a piston, was thought to be a logical next step. Solid fuel was impractical for this purpose, so attention turned to gas. In 1860, Étienne Lenoir of France built the first stationary two-cycle gas engine. A mixture of gas and air was drawn into a horizontal cylinder and ignited at half stroke by an electric spark, driving the piston to the end of the cylinder. The exhaust gases were driven out during the return stroke of the piston. This engine was superseded only a few years later by the four-cycle engine developed in Germany by Nicklaus Otto, which could use either gasoline or alcohol.

Except for isolated examples, including an early automobile and a gas-propelled tram which operated near London in 1894, the use of gas-powered engines declined once a satisfactory method of vaporizing and burning a liquid fuel (gasoline) was found. Liquids were far easier and less hazardous to store and



Only Italy contimued to use gaseous vehicle fuels after World War II. Shown on the map are the more than 200 natural gas refuelling stations in Italy.

Thousands of cars were adapted to run on gaseous fuels during World War II. Shown here is a typical installation. A factory-built 'gasogene' installed in the trunk space produced gas from charcoal. The charcoal was stored in the upper curved part of the apparatus and on the roof rack. Gas cleaners and coolers were located on the front fenders. Systems such as this managed to keep cars running (more or less) during wartime fuel shortages, but were quickly abandoned when gasoline became available once again.

transport than gases, and their greater suitability for the vehicles of the time was quickly appreciated.

A minor revival of gas-fuelled vehicles occurred in Europe and South America in the 1930s and 1940s. A shortage of liquid fuels during World War II led to the modification of some engines to run on gas produced from coal, charcoal, wood chips or corn cobs. Since the war this type of engine has aroused little interest. Only Italy has had an uninterrupted history of gas-powered vehicles. Compressed natural gas was first used as a transportation fuel, mainly for private vehicles, before World War II, and its popularity has continued ever since. Propane has been used over the past several decades in Europe, Japan and the United States.

Expensive drilling rigs are needed to search for offshore and Arctic oil and gas. Despite the cost and the difficult working environment, the immensity of the potential oil and gas resource continues to attract exploration efforts.

PRODUCTION AND DISTRIBUTION

Natural Gas or Methane

Sources

Today, most of Canada's natural gas is produced in the western provinces. These sources will continue their dominance but will soon be supplemented by Arctic and east coast offshore supplies. The task of discovering new reserves and measuring their extent goes on in all of these areas. In traditional resource areas, ease of exploration and an established production and delivery infrastructure provide incentives to continue exploration. In the Arctic and offshore regions, the sheer size of the potential resource has attracted extensive exploration activity in spite of the lack of infrastructure, a hostile working environment and considerable distance from the market. Large reserves have been identified in the Beaufort Sea — Mackenzie Delta, the Arctic Islands and off the east coast.

Canada has more than 2.5 trillion cubic metres of proven natural gas reserves, together with 7 trillion cubic metres of potential reserves. Current production, both domestic and for export, is far below the level we could produce. Resources not required today are in 'shut-in' fields, which are developed but not tapped, or left in undeveloped fields for future use. To

CANADA'S NATURAL GAS SUPPLY AND DEMAND

For the past 10 years, new supplies of natural gas have accumulated at almost double the rate of our total domestic consumption and export. At the end of 1982, established reserves were estimated to be 30 times our current annual production. In contrast to this, conventional oil reserves are only 10 times current annual production.

Projections call for additions to these reserves virtually equal to our consumption and export during the next 20 years. In other words, we will still have significant reserves in the year 2005.

Ninety-eight per cent of current Canadian gas production comes from Alberta and British Columbia. During the forecast period these sources will continue to dominate, but 15 per cent of our supply could come from the Arctic and east coast offshore by 2005.

Demand is expected to nearly double, from 90 billion cubic metres to 165 billion cubic metres per year, during the forecast period. Markets will expand as gas is introduced to areas not previously served. Transportation will play a key role in this scenario, offering Canada an opportunity to capitalize on one of our most plentiful energy resources while cutting consumption of our diminishing oil supplies.

Source: National Energy Board, September 1984

accommodate seasonal fluctuations in demand, gas is often stored underground until needed.

Recovery

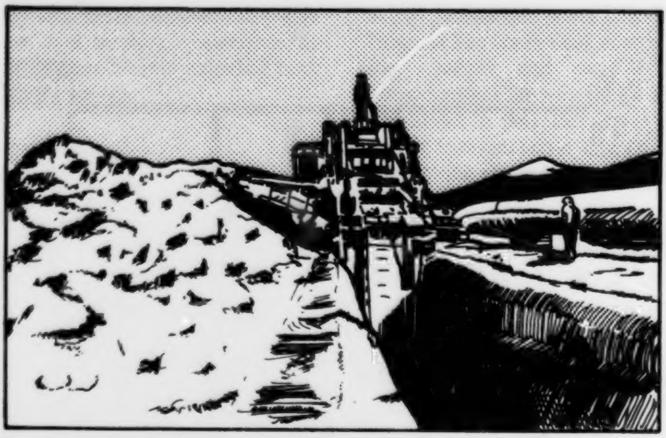
Decades of experience have led to a very sophisticated approach to natural gas exploration and recovery. Finding new sources of gas is difficult and expensive. The job begins as a process of elimination, with each step moving the exploration company closer to a commitment to start drilling. Preliminary steps include remote sensing, photographic and magnetic surveys from airplanes and, more recently, from satellites. Field geology allows a closer look at surface features in targetted areas, and seismic surveys plot subsurface features. All of this is aided by the extensive use of computers to generate, refine and analyze data.

Drilling is the only way to locate gas. This is a costly step since few holes reveal gas in quantities that can be profitably recovered. When gas is found, more wells must be drilled to determine the size of the field.

Processing

Raw natural gas contains solid impurities that must be removed by cleaning and treating before it can be delivered as a fuel. Water vapour is also removed, since it can cause freezing problems during transmission. Removal of water vapour also improves combustion properties. Liquid petroleum gases (propane and butane) are extracted, as well as hydrogen sulphide, which can be converted to sulphur.

The shaded areas shown on this map are sedimentary basins — areas where natural gas is being produced now or may be found in the future. Nearly all of our gas is currently produced in Alberta and British Columbia, but the Arctic and eastern offshore regions hold promise for the future. A system of gas pipelines delivers gas to markets from Vancouver to Quebec, but the Maritime Provinces and Vancouver Island have yet to be connected to the system. In the future, new pipelines will be needed to connect frontier and offshore gas-producing areas to markets.



When a pipeline is installed, topsoil is first removed and put aside so that it can be replaced after the pipeline is buried. Huge trenching machines are used to remove the subsoil. The pipe is buried deeply enough beneath the surface to allow the land to be returned to its original use.

Processing plants are located near the gas fields. Each plant is designed to deal with the characteristics of the raw gas that is fed into it.

Transmission

Within Canada, natural gas is transported by pipeline. Pipelines have grown from small systems in Alberta and Ontario in the 1940s into a countrywide network linking producers and users. The few population centres not served by natural gas, mainly in the Atlantic region, may become part of the system in the future.

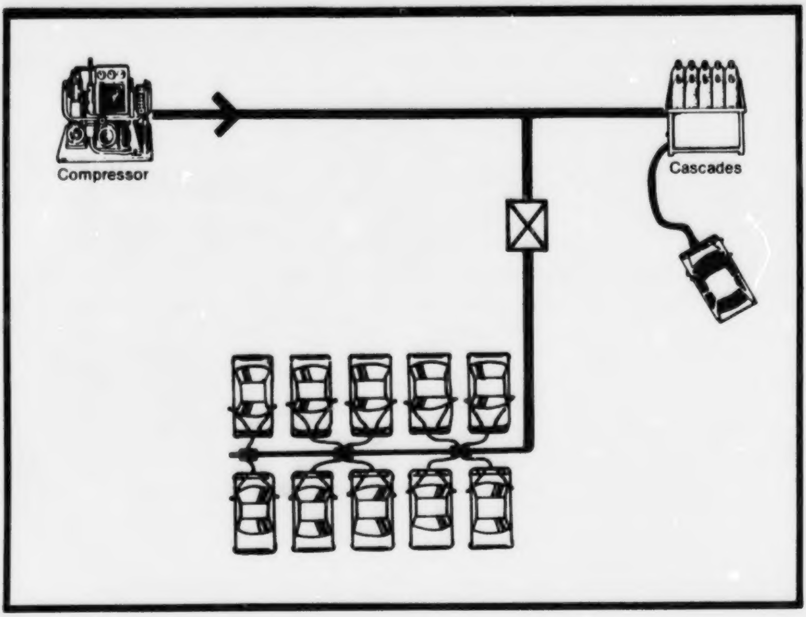
Easy availability is critical when any source of energy is considered for use as a major transportation fuel. The fuel must be available in major centres, and must be economical to deliver. Natural gas now has the benefit of a mature delivery system that can ship product to market at a relatively low cost.

Pipelines are expensive to build, but they are durable and provide a cost-efficient method of transport. Outlets dispensing natural gas for transportation merely have to connect to this network.

Delivery

For the motorist, refuelling a vehicle with natural gas does not differ significantly from filling up with gasoline. It takes a little longer and, in most cases, has to be done more frequently, since the size and weight of the storage tanks limit the range of the vehicle. For many motorists this is a minor inconvenience which is more than offset by the benefits of a fuel that can cost as little as half the price of gasoline.

Natural gas and gasoline fuel pumps look no different but, behind the facade, sophisticated equipment makes natural gas convenient to use. Natural gas refuelling facilities cost much more than comparable gasoline facilities. Since the volume of natural gas must be reduced by compression to allow for sufficient storage on-board the vehicle and reasonable range between refuellings, high capacity compressors must be installed at the fuel station, and a supply of compressed gas must be kept on hand for quick refuelling. Compression facilities are energy intensive, a factor that is reflected in the price paid by motorists, but natural gas is still more economical than gasoline.



A natural gas refuelling system. Gas from an ordinary gas main is compressed to around 25 MPa and is then either dispensed directly from the compressor to the vehicle or stored under pressure in tanks until needed. Filling vehicles directly from the compressor ('slow fill') requires a number of hours and is generally done overnight. Using compressed gas from storage tanks ('fast fill'), a vehicle can be filled in about 5 minutes.

Compressed gas for fast filling is stored in 'cascades' — banks of cylinders connected together. The cascade banks are filled by the compressor, starting with the highest-pressure banks, followed by successively lower-pressure banks. Vehicles are filled from the cascade, beginning with the bank with the lowest pressure. If there is not enough gas in the bank to pressurize the vehicle tank to 20.7 MPa, it is valved off and the next bank tops off the vehicle tank. In this way, the cascades can accommodate a heavy peak demand. When the banks are empty, they are refilled in sequence from the compressor.

For fleet operators, overnight refuelling with a less costly 'slow-fill' system requiring less compression is an attractive option. In the future, refuelling a vehicle from the same gas line feeding a household furnace may be possible. However, this will require a breakthrough in compressor technology.

Liquefied natural gas (LNG) has some advantages over natural gas in its gaseous state. Occupying one six-hundredth of the volume of the original gas, it can be transported by ship, rail or truck and has, in fact, become a common international commodity. Research and demonstration of LNG-fuelled vehicles is underway but has yet to yield systems usable in more than limited ways. For example, even though modern insulation techniques can keep LNG at temperatures below -161°C for long

periods, only vehicles in constant use would avoid loss of fuel through evaporation or 'boil-off' as the stored liquid absorbed heat from the surroundings.

Propane

Sources

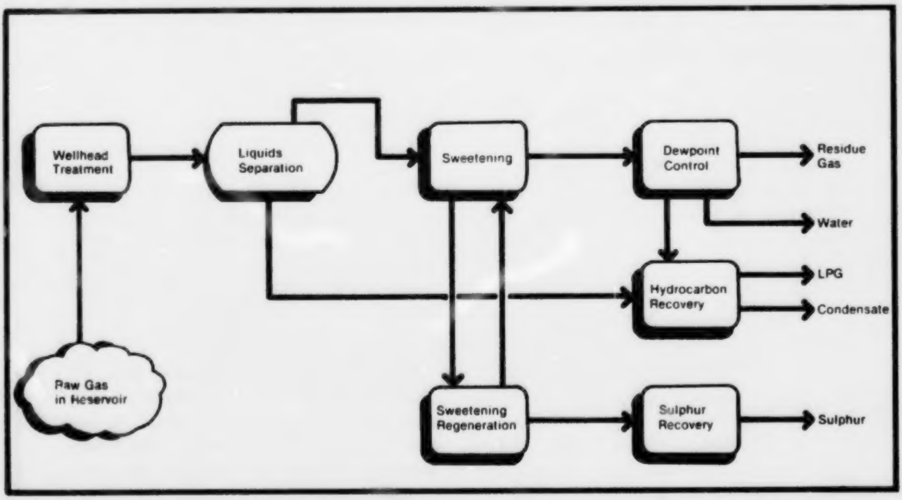
Propane is derived from both natural gas and conventional crude oil. Between 75 and 80 per cent of Canada's propane is a by-product of natural gas processing, and the remainder comes from oil refineries.

Propane is not nearly as plentiful as natural gas, although we produce enough to export almost half of our annual production. Propane has traditional uses in space heating, cooking and crop drying, as a petrochemical feedstock and as a recycled ingredient in petroleum refining. Propane use in transportation has grown dramatically in the past few years and this growth will continue.

Natural gas at the wellhead is usually 'wet', which means that it contains varying amounts of condensable hydrocarbons like propane and butane. Depending on factors such as the age of the processing plant and characteristics of the gas supplied for processing, a number of extraction methods

Both propane and methane are obtained from the processing of natural gas. Natural gas is contained at high pressure and temperature in small pores in reservoir rocks. The flow of gas from a well is regulated by chokes at the wellhead. As the gas flows up the well, its pressure and temperature drop, and the heavier hydrocarbon components of the gas stream — propane, butanes and pentane — start to drop out.

This process is continued in the gas plant. In the liquid separation vessel, liquids that have fallen out are removed, and in the dewpoint control vessel more liquids are removed by dropping the temperature. The liquids are separated into LPG and heavier condensates in the hydrocarbon recovery unit. 'Sour' (sulphur-containing) gas is 'sweetened' by removing carbon dioxide and hydrogen sulphide and recovering the sulphur.



can be used. These include adsorption in oil, compression and cryogenic (extremely low-temperature) refrigeration. Modern plants can extract 99 per cent of the propane in the natural gas stream.

Crude oil refining yields a significant additional supply of propane. Of the volume of crude oil fed to Canada's refineries, about 2 per cent is converted to propane. This proportion varies according to the refinery. The main variables include refinery equipment, composition of the crude oil feedstock and the desired mix of conventional petroleum products. Heavy oils, naturally occurring crude oils that are much more viscous than conventional oil, yield greater amounts of propane, sometimes as much as 4 per cent of the raw feedstock.

Various grades of propane result from the refinery process; the grade depends on the percentage of propane in the fuel. The grade suitable for automotive use, HD5 or Grade 1, contains not less than 90 per cent propane by volume. As demand for automotive propane grows, supplies could be increased by lowering the grade requirement and octane of the fuel, since propane's octane rating is already very high. Using other condensates such as butene or various forms of butane for this purpose could almost double the amount of propane available for transportation purposes.

Transmission

Propane is accumulated and stored in tanks as a pressurized liquid. This compression allows it to be shipped and stored compactly and efficiently. Like crude oil or natural gas, it can be transported through the pipeline network. Additional quantities are transported by rail tanker and, within the western provinces, by truck. The transportation system must serve many supply points. For example, 'straddle' plants at various points along natural gas pipelines extract propane, which must also be moved to market.

Propane is stored at both ends of the transportation network to allow for more efficient transport and to accommodate fluctuations in demand, which peaks sharply in winter. The fuel must be kept under pressure, which means that handling costs are greater than those of conventional fuels like gasoline.

Delivery

Propane is delivered by truck to vehicle fuelling facilities. There it is stored as a liq-

CANADA'S LPG SUPPLY AND DEMAND

Canadian production of propane and butane is double domestic requirements. Excess production is exported to the United States. The following figures summarize recent projections of domestic production and demand.

		1983	1990	2005
		(000 m^3/d)		
Propane	Production	18.7	25.5	18.6
	Demand	10.5	19.2	14.3
Butanes	Production	12.1	15.6	11.2
	Demand	5.2	9.5	7.2

Propane has a variety of household and agricultural uses. It is also used in place of ethane as a chemical feedstock and as an oil recovery enhancer and is used increasingly as a vehicle fuel. Butanes are used in gasoline manufacturing, and as petrochemical feedstocks, and could be blended with propane for transportation uses.

The projections above include a generous allowance for growth in the use of propane as a vehicle fuel. Even so, it is safe to predict an ample domestic supply and a substantial surplus for export purposes.

REFINERY PRODUCTION OF LPG

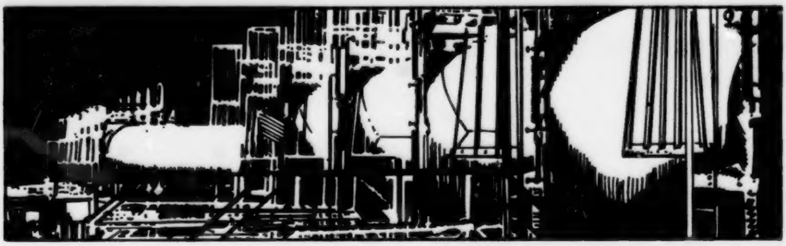
Most LPG is obtained from natural gas, but between 15 and 20 per cent of our propane supply is produced from refining crude oil. Petroleum refining involves several processes which together can convert virtually all the crude oil components into valuable petroleum products. First, fractional distillation is used to separate crude oil into its various component hydrocarbons or 'fractions' on the basis of variations in their boiling points. The 'fractionator' is warmest at the bottom and coolest at the top. Liquids flow to the bottom and gases rise; as each hydrocarbon in the gaseous portion cools to its condensation point, it turns back into a liquid and is drawn off.

Some propane comes out at the top of the fractionator, but most of the propane emerging from refining crude oil is produced during further processing of the various hydrocarbon fractions. A number of processes are used to increase the volume of more valuable products like gasoline and diesel fuel; all the processes that produce gasoline also produce propane. Depending on the complexity of the refinery, the volume of LPG produced per cubic metre of crude oil will vary.

uid under pressure until required. Propane storage tanks, often tall vertical cylinders, are very obvious at many service stations throughout the country.

As with natural gas, propane refuelling is done through a closed system to prevent the unintentional release of fuel from the pressurized system. A positive connection between the bulk storage tank and the vehicle's on-board storage tank prevents air from mixing with the fuel and this increases safety. The same precautions apply as for eliminating sources of ignition near gasoline — no smoking and engine switched off. Additional standards and regulations governing tank location and fuel handling are discussed later in this booklet.

LPG can be transported through the pipeline network or in pressurized rail tankers such as the one shown here.



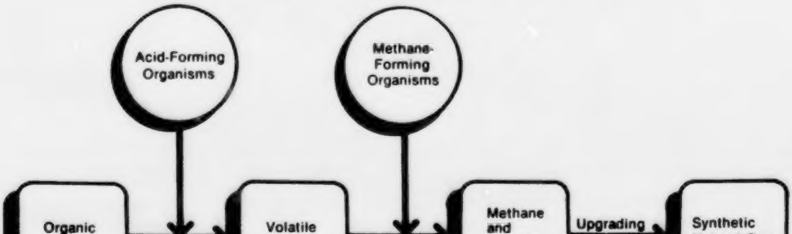
Liquid petroleum gas (LPG) is stored in large tanks at the refinery and at the delivery point to ensure that enough LPG is always available to the consumer.

Synthetic or Substitute Natural Gas

Natural gas and petroleum byproducts do not represent the full spectrum of gaseous fuels. Methane, which, as we saw earlier, is the main component of natural gas, can also be manufactured. The product is known as synthetic or substitute natural gas. Various feedstocks can be used, including coal, peat and biomass. However, synthetic natural gas is unlikely to enter general use, since it is considerably more expensive than other gaseous fuels, mainly because processing is uneconomical at present. For instance, methane is obtained from coal by gasification, a process which uses a great deal of energy. Energy is required to heat the gasifier and to produce hydrogen, which is added to the coal feedstock to increase the yield.

Biomass materials, however, are processed by anaerobic digestion, the bacterial decomposition of organic matter in the absence of oxygen, which yields less expensive 'biogas'. This consists of up to 75 per cent methane, the balance being mainly carbon dioxide. Although it makes a good heating fuel, in municipal sewage treatment facilities for example, it has to be upgraded for vehicle use. The upgrading process is expensive and energy intensive, and the finished product is too costly to compete with natural gas or propane. However, for areas that are isolated and beyond the natural gas supply network, biogas production can be both competitive and profitable.

Anaerobic digestion takes place in two stages: the acid-forming stage, in which organic compounds in biomass are broken down into organic acids, and the methane-forming phase, in which these acids are converted to methane and carbon dioxide. Not all biomass can be broken down in this manner; nondigestible materials pass through the process, producing a 'sludge' that can be used as a fertilizer.



TODAY'S USE

Propane

Most vehicles can be converted to operate on propane. Whether or not propane is an economical choice depends on: distances driven; amount of fuel consumed; fuel cost; life of the vehicle; and cost of the conversion, or if the vehicle is equipped for propane at the factory, the cost of the propane equipment.

Propane has proved to be especially suitable for high-consumption urban vehicle fleets. The vehicle owner can quickly recoup the cost of conversion through lowered operating costs, often within a year. Multiplied by the dozens of vehicles in a typical urban fleet, the savings add up quickly and benefit both the operator and the consumer of services.

The rate of payback depends upon the base price of the vehicle or the cost of conversion, the longevity of the vehicle, distance travelled in a year, the amount of maintenance required, interest rates, and the cost of the fuel when compared with alternatives. Financial incentives in the form of lower road tax or sales tax improve the payback in some jurisdictions. As a rule of thumb, however, the rate of payback can be calculated by multiplying the number of kilometres travelled by the energy savings per kilometre.

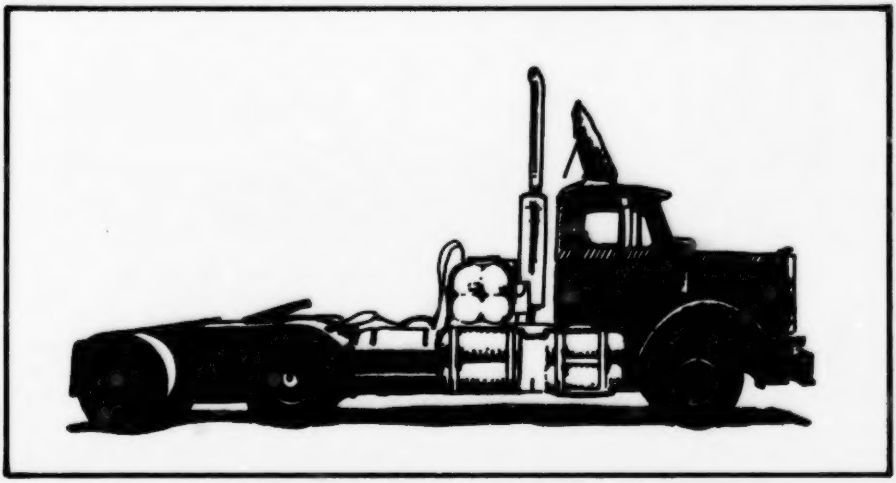
Although medium-duty vehicles like service and delivery vans are the most conspicuous examples today, vehicles from virtually every weight class are using propane. Some heavy-duty vehicles, like school buses, lend themselves well to conversion; at the other end of the weight range, passenger cars powered by propane are proving invaluable to taxi companies, police forces and other agencies operating high-consumption cars. In fact, almost all vehicles are candidates for conversion; the only unsuitable vehicles are those which are too old to have a useful life after conversion, or are used very little, or those with high fuel economy, mainly four-cylinder subcompacts.

Propane has been useful in other minor ways for many years, for reasons independent of fuel cost. Propane-powered forklift trucks, for example, have long been used indoors where gasoline exhaust pollution would be hazardous. Propane burns cleanly, contains no lead and poses fewer health and environmental risks than gasoline or diesel fuel. Owners of mobile homes and camper vans were among the first users of propane over the road, since they tended to be already using propane for appliances.

Using Natural Gas in Vehicles

Natural gas does not yet rival propane in the transportation fuel market. It is an abundant fuel resource in Canada, however, and may some day become as available as gasoline or diesel fuel for transportation.

For now, growth in the use of natural gas is constrained by the scarcity of fuelling equipment and the high cost of vehicle conversions. Because the gas must be greatly compressed at the point of sale, fuelling equipment is expensive. Not surprisingly, facilities are appearing more rapidly in urban areas, where there is a larger population and greater demand. On the other hand, getting a reliable supply of natural gas to the consumer poses no problem, since the existing pipeline distribution system extends from British Columbia to Quebec.



A natural gas–powered truck. The fuel is stored in pressurized cylinders; those shown hold 60 L each of natural gas.

Where the natural gas fuelling infrastructure has been in place for some time, fleet use is growing quickly. In Vancouver, public and private refuelling centres have been established and natural gas has made significant advances. Some taxi fleets and provincial utility service vehicles are powered by natural gas. As with propane, large fleets of high-consumption urban delivery or service vehicles are the most suitable candidates for conversion. Fleets that return to a central point and can be refuelled overnight from slow-fill equipment have a distinct economic advantage. Most vehicles are converted to a dual-fuel system: the natural gas components are added but the original gasoline system components are retained. The limited range of the vehicle combined with the scattered fuelling facilities makes an on-board gasoline backup capability necessary.

In the early 1980s there were few private, nonfleet natural gas vehicles. This is changing as fuelling outlets become more common in heavily travelled corridors. Medium- and heavy-duty vehicles fuelled by natural gas are still rare. The weight penalty of the storage cylinders can be a problem in vehicles that consume large quantities of fuel but need all of their payload capacity. In spite of this, many urban carriers are likely to find natural gas attractive as the fuelling network matures. One use for which natural gas has already proved popular is the fuelling of school buses. School bus routes are usually well within the range of stored natural gas and the reduction in space and payload is not a problem.

For the motorist, the net effect of a dual-fuel configuration is an increase in driving range. However, some changes in engine timing are needed when fuels as dissimilar as natural gas and gasoline are used in the same engine. A switch on the dash is used for changing from one fuel to the other and for adjusting the timing. These changes are noticeable in after-market conversions, but as technology improves they will become less necessary in vehicles manufactured to run on gaseous fuels.

It is also possible to convert diesel engines to use natural gas exclusively, but this involves major modifications. A simpler alternative is to use the two fuels simultaneously. Up to 93 per cent of the fuel mixture is natural gas, but a small amount of diesel fuel is needed to cause the gas to ignite under pressure. Dual-fuel engines will probably become

more popular as the quality of diesel fuel deteriorates and its cost escalates. They will be particularly appropriate for medium and heavy trucks, which are more likely to be professionally serviced and maintained.

The use of natural gas is not confined to road vehicles, however. Rail and marine transportation companies are interested in using natural gas to power their huge diesel engines. B.C. Ferries, for instance, is considering converting up to nine of its passenger ferries to dual-fuel operation, displacing from 90 to 95 per cent of the diesel fuel previously used by the ferries with natural gas. By the end of the decade, if all nine ferries are converted, nearly 55 million litres of diesel will be displaced per year.

Conversion of agricultural vehicles is another area of interest. British Columbia Research Council has been converting a standard farm tractor with a John Deere engine to dual-fuel operation. Using an electronically controlled microprocessor system and an available pilot diesel injection device, natural gas can replace some 80 to 85 per cent of the engine's diesel consumption over the entire duty cycle of the engine.

Synthetic or Substitute Natural Gas

In Canada today, methane from biogas is used mainly in stationary applications like space heating or crop drying. These uses are particularly cost-effective when the gas is a byproduct of municipal waste treatment or is produced from readily available farm biomass. The relative impurity of biogas causes combustion inefficiency, but this can be tolerated if the cost is low and if engines or boilers can be adjusted to compensate for the particular characteristics of the gas. However, methane from coal, peat and organic feedstocks is of limited use in vehicles and is not likely to make a significant contribution to our transportation needs in the near future.

Propane Conversions

Converting a vehicle to burn propane requires installing a fuel system suited to the engine and vehicle, and making the necessary adjustments for optimum operation. However, the engine must first be checked to ensure that it is in proper operating condition. Propane will not correct any operating problems that existed prior to conversion.

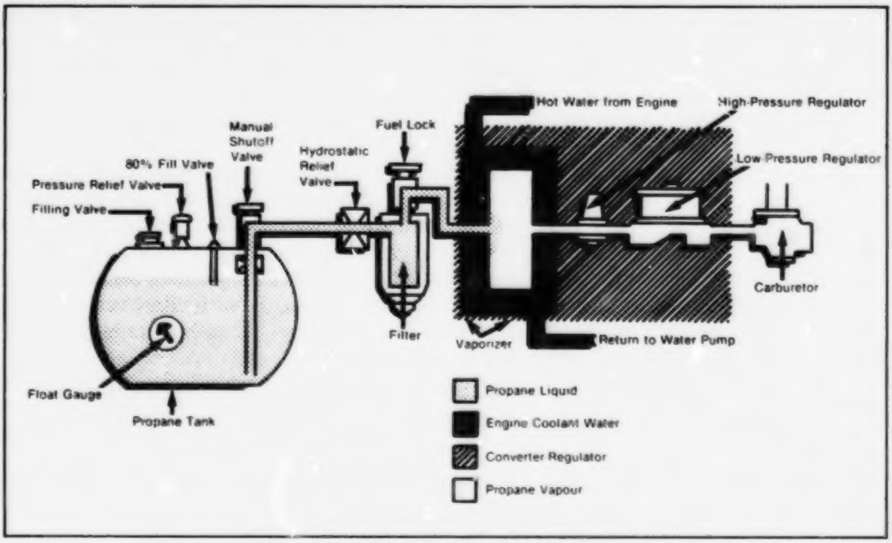
With the agreement of all concerned parties, standards specifying installation procedures and component manufacture for propane fuel systems have been developed. All provincial and territorial regulations make reference to these standards, with minor variations. In most provinces a label describing vehicle characteristics and restrictions must be affixed to the vehicle before refuelling is allowed. Technicians who perform propane conversions must not only be certified mechanics, but must also be specifically licensed for propane work by their provincial authority.

The major components of a propane fuel system are described below.

Fuel Storage Tank

The tank stores propane as a liquid under pressure. By law, it cannot be filled to more than 80 per cent of volume capacity, to allow the gas room for expansion as temperatures change. The tank is constructed to be able to withstand pressure, and is designed with built-in safety factors so that it is very durable under impact. The design causes the tank to be heavier than a gasoline tank, but the increased tank weight is partially offset by the lighter weight of the propane.

Propane tanks are equipped with a number of valves and fittings to control the flow of propane, release excess pressure, and facilitate refuelling. Some provinces require licensed attendants to dispense propane; where self-service is permitted, it is required that the person dispensing the fuel have received proper training. Since liquid propane spilled on the skin can cause burn-like injuries (the liquid vaporizes rapidly to a gas, causing intense chill which 'burns'), attendants must wear gloves in case of a liquid propane leak.



A propane fuel system. Liquid propane is stored in a pressurized fuel tank protected by the vehicle structure. Propane flow in and out of the tank is controlled by a series of valves. A float gauge provides a rough indication of the level of fuel in the tank, and the relief valves provide for controlled release of gas in case excess pressure builds up in the tank. The fuel-lock valve allows the liquid propane to flow to the vaporizer only when the engine is operating or being started.

The vaporizer changes the propane from a liquid to a gas by passing it through a heat exchanger and pressure reducer; the incoming propane is warmed by heat from the engine's coolant system and then released from pressure in the high-pressure regulator. The low-pressure regulator controls the supply of propane gas passing from the vaporizer to the carburetor. The carburetor controls the fuel-air ratio just as a conventional gasoline carburetor does.

Fuel Line, Fuel Lock and Filter

The fuel lock, which acts as a shutoff valve, is installed in the liquid fuel line to ensure that liquid propane flows only when the engine is operating or being started. A filter removes any particles which may be found in the liquid fuel.

Fuel Converter-Regulator

Liquid propane is delivered from the storage tank through the liquid fuel line to a two-stage vaporizer, often called a converter. This device converts the liquid propane to a gas by acting as a pressure reducer and heat exchanger. The liquid propane vaporizes when it is released from pressure in the primary regulator. Engine coolant is circulated around the vaporization chamber of the regulator to supply the heat required for vaporization. The second stage of the regulator further reduces the pressure and controls the amount of gas being fed into the carburetor.

Air-Propane Gas Mixer or Carburetor Adaptor

The purpose of carburetion is to meter and mix fuel and air to provide the correct fuel-air ratio over the full range of speeds and

loads including start and warmup. The existing carburetor in a gasoline-powered vehicle must be replaced or adapted to handle propane. Gasoline is a liquid fuel that must be mixed with air and vaporized before it ignites. Propane, on the other hand, enters the system as a gas, so a simpler carburetion system can be used. For example, no choke or accelerator pump is required.

The combustion properties of propane in a spark ignition engine differ from those of gasoline, so the spark timing of a gasoline engine may have to be changed when it is converted to propane. However, many other factors (such as air temperature and fuel-air ratio) will also influence timing. There are no set rules for the change in timing for a particular engine-vehicle combination. In many cases it has been found that using the same timing as for gasoline provides a reasonable balance of efficiency and safety. Spark curves are usually not altered for dual-fuel conversions.

If the conversion is performed correctly, there should be little loss in maximum power output as compared with gasoline. Any power variation is due to the decrease in air available for combustion, since propane vapour displaces some of the intake air charge. In the future, fuel injection directly into the cylinder should resolve this problem.

Natural Gas Vehicle Conversions

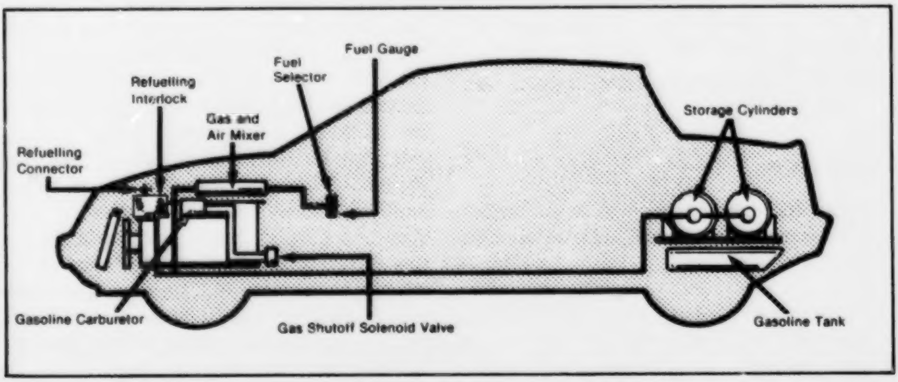
Conversion to natural gas is similar to propane conversion. The installation steps are similar and dual-fuel combination with gasoline is possible with both fuels. This is not to say, however, that the equipment is interchangeable. There is a large difference in operating pressures between propane and natural gas, and much more robust equipment is needed for natural gas, although the components for fuelling, fuel storage, fuel lines, regulation, fuel selection and carburetion are similar.

The following components are required when a vehicle is equipped to use natural gas.

Storage Cylinders

The cylinders approved for use in vehicles are constructed of high strength steel or filament-wound aluminum and hold the equivalent of 6 L to 20 L of gasoline. One or more may be installed, as required. To be approved, cylinders must have a pressure rating of 25 megapascals (MPa) and be able to withstand a test pressure of 70 MPa.

A dual-fuel (natural gas–gasoline) system. Nearly all natural gas vehicle conversions are to dual-fuel systems; vehicles fuelled only by natural gas have a limited driving range, and natural gas is not yet as widely available as propane.



Cradles, frames and straps are used to attach the cylinders to the vehicle. In cars, the cylinders are usually located in the trunk, while in vans they are placed on the floor behind the seats. They may also be located underneath the vehicle, between the frame rails.

Fuel Lines

All natural gas fuel lines between the storage cylinder and pressure regulator must be made from approved high-pressure steel. The lines are installed so that they do not enter the passenger space and are routed to minimize stress or damage.

Pressure Regulator Assembly

The pressure regulator assembly reduces the pressure of the stored gas in two stages and regulates natural gas flow to an air-fuel mixer connected to the original carburetor. It may consist of a number of separate components piped and wired for each vehicle or be an integral assembly with the only external part being the injector, which connects to the existing carburetor.

The pressure regulator assembly may include the following:

- two stages of pressure reduction to lower the varying storage pressure of the cylinder to a constant low pressure;
- a third-stage pressure reducer to regulate gas flow based on engine vacuum;
- an electrically operated primer to assist in cold starting;
- an electrically operated gasoline solenoid shutoff valve; and
- an electrically operated natural gas shutoff valve.

Air-Fuel Mixer

An air-fuel mixer connected to the carburetor ensures the correct ratio of air and fuel for combustion.

The flame speed of natural gas is slower than that of gasoline; the ignition timing must, therefore, be more advanced for natural gas to permit the maximum 'mean effective pressure' to be developed in the combustion chamber. The effect of such a device is to decrease the power loss and increase the efficiency when natural gas is used and to reduce knocking when gasoline is used.

An electronic spark advance device, available for dual-fuel vehicles, will produce an unaltered spark advance on gasoline operation and an advanced spark suitable for operation on natural gas.

Filling Connection

The filling connection assembly includes:

- an interlock switch that ensures that the vehicle cannot be started during fuelling;
- a valve that automatically seals the system after refuelling;
- an excess pressure safety device; and
- a dust plug.

Fuel Selector Switch

A fuel selector switch is mounted on or under the dashboard, close to the driver. Manual switching back and forth between natural gas and gasoline can be done easily without stopping or shutting off the engine. An auxiliary fuel gauge indicates natural gas supply.

Dual-Fuel Systems

Both natural gas and propane can be used in a dual-fuel configuration, that is, with either gasoline or one of the gaseous fuels used to power the vehicle as the driver chooses. A dual-fuel configuration is usually preferred on natural gas conversions because it provides the greatest driving range, and because refuelling facilities are still scarce in some regions of Canada. Propane, on the other hand, is readily available and, since it is stored as a liquid, can be carried in quantities sufficient to allow a range equal to or greater than gasoline. Therefore, motorists choosing between a dual-fuel or 'dedicated' propane carburetion system should consider factors other than driving range.

Because it is expensive to produce a vehicle that runs equally well on two fuels, dual-fuel systems generally involve some compromise. But a dual-fuel system has certain attractions — it avoids the risk of propane or natural gas not being available when a refill is needed but retains the advantage of using the more economical gaseous fuel most of the time. Dual-fuel vehicles also offer the advantage of being able to start and run with either fuel system. The cost of converting to a dual-fuel system is usually similar to, or only slightly more than, that of converting to natural gas or propane only, unless leaving the gasoline tank in place causes difficulty in locating a suitable spot for storage tanks.

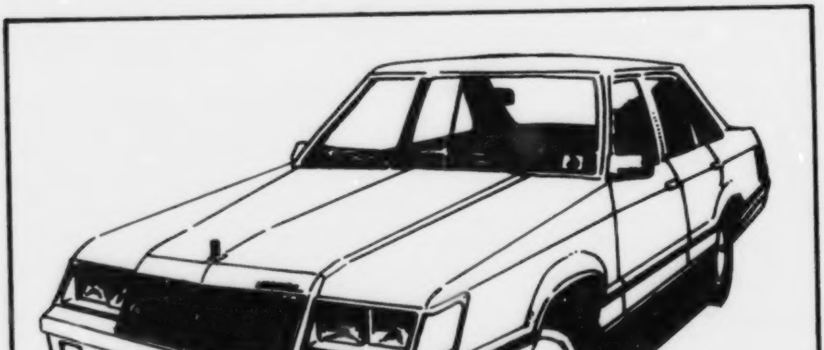
However, some dual-fuel vehicles present problems. Performance and fuel economy are generally poorer compared with dedicated gaseous fuel or gasoline vehicles, partly because of the combined weight of the two fuel systems. Servicing costs are also likely to be higher than those of a gasoline- or gaseous fuel-only system, and additional problems might arise from the interaction of the two systems. In addition, a dual-fuel vehicle from the manufacturer must meet emission standards for gasoline operation. The carburetor and the ignition timing cannot be adjusted to best suit the characteristics of the gaseous fuels, because doing so may increase emissions from the gasoline system to unacceptable levels. As a result, there is is some loss of efficiency when the vehicle is run on the gaseous fuel.

Nevertheless, a dual-fuel system can serve as an introduction to gaseous fuel for drivers who are concerned about its availability, and provides an opportunity for them to see if their driving habits can accommodate a gaseous fuel-only vehicle.

Manufactured Gaseous Fuel-Powered Vehicles

Automotive manufacturers have been offering factory-equipped propane vehicles in a limited range of models for the past few years. Because the numbers are small, engines will continue to be designed primarily for gasoline, and modifications for propane use will have to be evaluated in terms of design and cost limitations. Factory-installed natural gas systems have not been the subject of as much

Factory-equipped propane vehicles are now available in a limited range of models.



development as propane systems, although a limited number of natural gas-powered vehicles have been produced (for example, Ford Motor Co. Ltd. specially assembled 27 natural gas-powered Ranger trucks). However, the ideal characteristics of a factory-equipped natural gas vehicle are clear. It will have a higher compression engine designed to take advantage of the high octane of the fuel, and suitable storage tanks will be built into the vehicle.

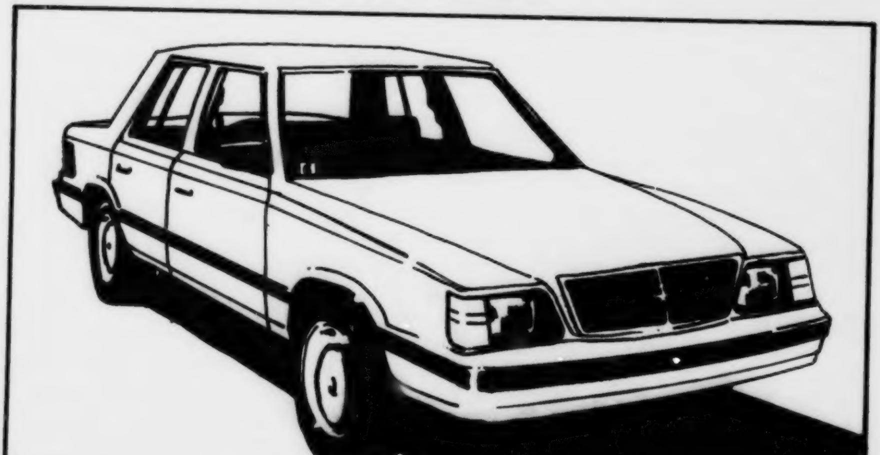
In factory-installed gaseous fuel systems, some changes can be made to the engine to improve efficiency. Increasing the compression ratio can decrease fuel consumption and increase power output. The favourable anti-knock properties of gaseous fuels allow compression ratios to be increased beyond ranges that are permissible with gasoline. In most cases a modest increase can be accomplished without major redesigning of the engine, by reducing the volume of the combustion chamber. The degree to which the compression ratio can be increased depends on the engine, and is usually determined by the design of the engine or production tooling. Either of these factors is likely to limit the amount of increase in compression ratio from either a technical or economic viewpoint. Vehicle manufacturers must be sure that engine durability is not sacrificed.

Propane fuel system development is largely directed towards improving carburetion systems. Carburetor manufacturers are reluctant to make the large investments required for totally new designs, and most improvements result from modifications of, or additions to, older designs.

Propane fuel injection systems are being actively developed. The major benefit would be up to 10 per cent improvement in power output over conventional carburetion. Throttle body or single-point injection of gaseous propane is one technique that is close to maturity. It involves injecting the fuel into the stream of incoming air before it is distributed to the cylinders. Multipoint injection is also under development. With this technique, fuel is injected directly into each cylinder. It is a more efficient technique, but is also more expensive because of the need for extra 'hardware' such as individual fuel injectors.

Vehicle manufacturers, in conjunction with propane component manufacturers, are able

Cars with factory-installed propane systems are virtually indistinguishable from gasoline-powered cars.



to tailor component specifications to their particular needs, and optimize their engines and vehicles for propane. Most domestic vehicle manufacturers offer some kind of factory-installed propane capability or 'propane ready' modifications in their products; this sort of capability should become increasingly available for natural gas in future.

Factory-equipped gaseous fuel vehicles offer distinct advantages. In the process of achieving higher compression, more durable materials can be used for valves and piston rings. The entire fuel storage and distribution system can be integrated more completely to reduce the space penalty associated with tank storage and improve weight distribution, handling and braking. The vehicle's optimized performance will lower operating costs, and the manufacturer's involvement can ease concerns about service and warranty protection.

Gaseous-Diesel Systems

Combining gaseous fuels, either propane or natural gas, with diesel fuel has been a technical challenge. In a gasoline-burning engine, fuel and air are introduced into the combustion chamber, compressed, then ignited with a spark. In a diesel engine, air alone is compressed and diesel fuel is injected only as the air reaches maximum compression. The diesel fuel is ignited by the high temperature of this greatly compressed air and the process is called compression ignition.

The application of gaseous fuels in diesel engines is more limited than its use in spark ignition engines for several reasons. A major reason is that these fuels do not lend themselves to compression ignition without significant engine modifications. In spite of this, several successful applications are known and during recent years interest has been increasing, particularly in the research community.

There are three main ways to use gaseous fuels in diesel engines:

- mixed diesel–gaseous fuel (propane or natural gas) operation;
- diesel–natural gas with pilot injection; and
- full propane or natural gas operation.

Mixed Diesel–Gaseous Fuel Operation

In a mixed diesel–gaseous fuel system, the diesel fuel injection pump is adjusted to reduce the maximum quantity of diesel fuel injected into the cylinders at full load, usually by 30 to 40 per cent. As a substitute for the reduced amount of diesel fuel, natural gas or propane is mixed with the intake air.

The quantity of diesel fuel injected is controlled by the speed of the injection pump, which is in turn related to engine speed and load. In a mixed system, the supply of gaseous fuel to the engine must also be controlled by engine speed and load. Without these two control features, the engine will be damaged because of misfuelling.

There are several advantages to this type of operation. Few alterations to the engine are necessary, the engine may be retrofitted, and it operates efficiently at all speeds and loads. If the gaseous fuel is unavailable, a switch back to full diesel operation is possible; depending on the type of blending equipment used, full or partial (70 per cent) power will still be available.

Diesel–Natural Gas Operation with Pilot Injection

In a pilot injection system, 80 to 90 per cent of the diesel fuel is substituted, but a small amount is still used as an ignition source for the gas. Since this system requires few modifications, the engine may be retrofitted. Though most of the diesel fuel is replaced, a rapid return to diesel-only operation is possible. Disadvantages arise from a greater dependence on the availability of natural gas and less efficiency at low engine loads.

Full Conversion to a Spark Ignition Engine

Conversion to spark ignition is technically and economically feasible for some diesel engines, but major engine changes are required. The main advantages of converting a compression ignition engine to gas-fuelled spark ignition operation are: significantly lower emissions; reduced engine

noise; and maintenance or possible extension of the inherent long life of this type of engine. Some European engine manufacturers are producing factory-equipped propane- or natural gas-fuelled engines based on diesel block construction.

It must be kept in mind, however, that once the conversion to spark ignition has been made, the vehicle is completely dependent on the availability of the gaseous fuel being used. Spark ignition conversions are therefore appropriate when the availability of gaseous fuel is guaranteed, total substitution is desired, and a return to diesel operation will not be required.

Liquefied Natural Gas

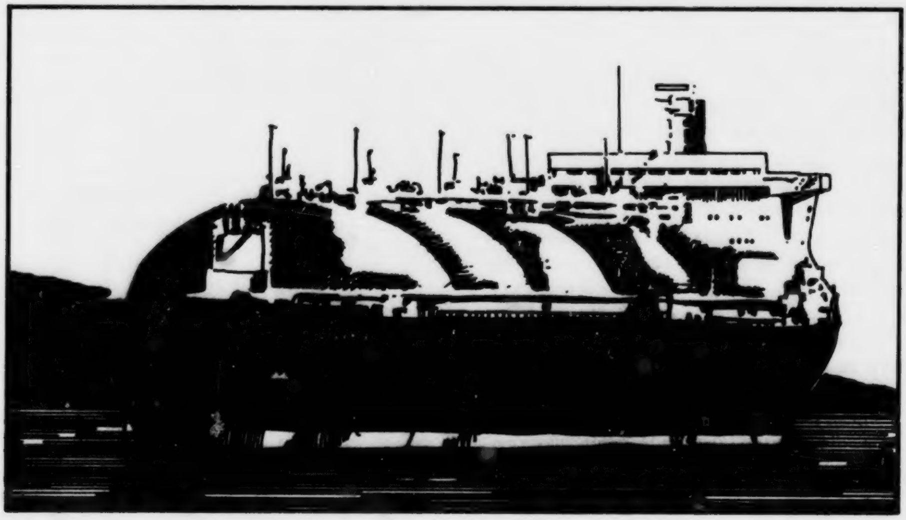
Liquefied natural gas (LNG) has seen only experimental over-the-road use in Canada. Even so, it is a fairly common commodity in this country, as some gas utilities store seasonal supplies of natural gas in a liquid state to accommodate peak demand.

At normal temperatures, natural gas does not liquefy when pressure is applied, but it will do so if the temperature is lowered to -161°C. Achieving this temperature and maintaining it in storage tanks has not proved to be a problem (insulated fuel tanks are available which will hold LNG at this temperature for up to 10 days), although it does add another element of cost.

LNG is attractive, even though it requires carburetion equipment similar to that of a natural gas vehicle, because a sufficient on-board supply of fuel can be carried to allow travel for a reasonable distance between refuellings without the space penalty of natural gas.

The couplings in the LNG refuelling system are quick-disconnect, self-sealing couplings of the type used for many years in liquid oxygen systems. In contrast to a propane or natural gas refuelling system, there are two couplings: a filler and a pressure release vent. Fuel flows into the vehicle tanks through the filler and vaporized natural gas is discharged

Liquefied natural gas is transported around the world to previously unserviceable markets in specialized tankers. A fleet of more than 60 marine carriers services liquefaction and regasification terminals worldwide.



from the tank back to the bulk tanks or to a vapour disposal system.

The liquefied natural gas can be moved through the system in two ways, either by using a moderate amount of pressure in the bulk storage tank, or by pumping. Both systems require cooling equipment to maintain the low temperature of LNG. Such equipment operates on the same principle as a household refrigerator, but at higher pressures and with different refrigerant chemicals.

As with any vehicle fuel, safety is a prime concern. The advances and techniques that address this issue are best illustrated in the bulk LNG facilities operated by gas utilities and LNG exporters. Internationally recognized standards have been developed to regulate the construction and operation of these facilities and the safety record has been excellent. The key factors are monitoring systems that can quickly detect a spill, containment systems to confine spills to small areas, and comprehensive fire fighting systems to deal with serious accidents.

Although scaled-down facilities for vehicle use do not face the degree of hazard encountered in large handling facilities, the precautions that apply to any other gaseous or liquid vehicle fuel must be observed.

A fleet of natural gas-powered trucks at a 'slow-fill' facility. Fleets are the obvious starting point for the introduction of a new transportation fuel because they have their own refuelling facilities. Natural gas is especially suitable for fleets, which can save on refuelling costs by using overnight slow-fill systems.

CONVERSION INCENTIVES

To ensure the commercial success of a new transportation fuel, many issues must be dealt with simultaneously. Drivers will not convert to fuels that are not widely available, and fuel distributors will not sell fuel that does not have a ready market. Manufacturers will not produce vehicles that are not in demand. Regulators will not draft standards for problems not yet encountered.

To accelerate what could be a slow process, various levels of government have stepped in to provide incentives intended to speed the rate at which vehicles are converted and to expand the fuelling network and the development of factory-optimized vehicles able to operate on alternate fuels.

Conversion grants for vehicles have been provided by the federal government for propane until March, 1985 and for natural gas until March, 1987. Grants have also been available to encourage expansion of the distribution system for natural gas vehicle fuel. Some provincial governments have provided relief from sales tax or road tax on vehicles using gaseous fuels, and have abated the road tax on the fuels themselves.

Apart from these incentives, government and industry have invested large sums in research, road testing, standards development and consumer education. All of this is intended to make drivers aware of gaseous fuel alternatives and to guarantee that the products deliver maximum benefits.

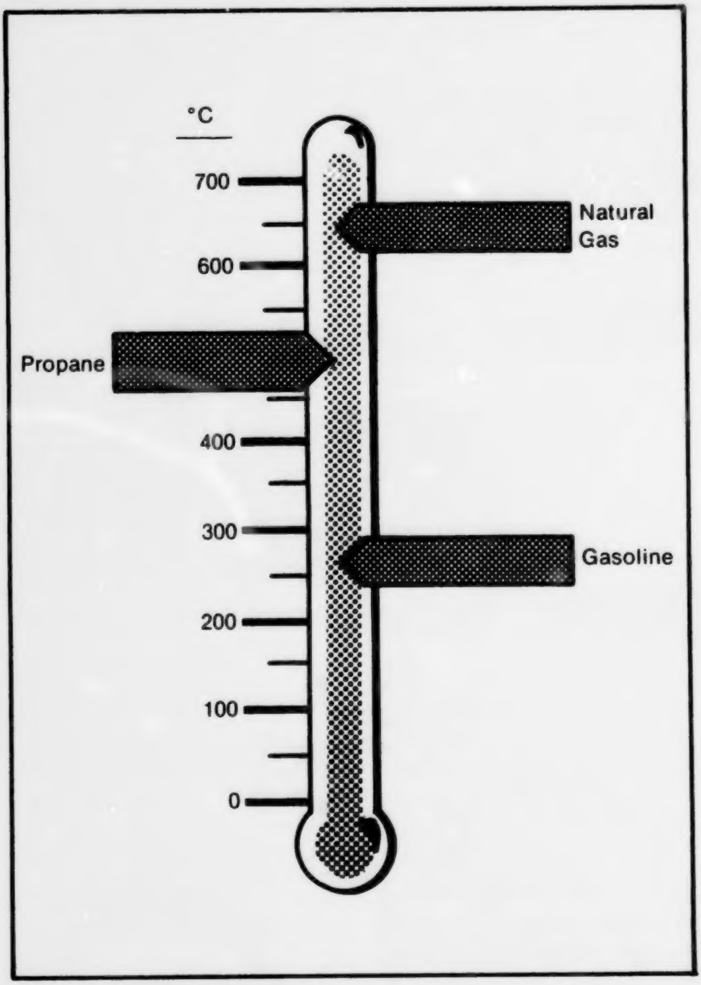
Natural Gas and Propane Safety

Propane and natural gas are not toxic but they are asphyxiants; that is, they can interfere with the flow of oxygen to the lungs. Gaseous fuels are odorized to make leak detection easy. Long before either propane or natural gas could cause asphyxiation, the offensive smell would alert people to the danger.

The consequences of fuel leakage and danger of fire or explosion are best understood when propane and natural gas are compared with gasoline. Propane is only slightly heavier than air and natural gas is lighter. Propane is dispersed and diluted by slight air movement, and natural gas vapour rises immediately on release and dissipates rapidly. Gasoline vapour, on the other hand, is more than four times heavier than air and can more easily accumulate to explosive concentrations if there is no air movement. This danger is compounded by liquid gasoline puddles which may contribute to vapour concentrations or feed a fire. Propane, like gasoline, can be a problem if it leaks into unventilated areas.

Propane and natural gas both require much higher temperatures for ignition than gasoline; as a result, they are safer to use. Gasoline vapour can ignite when exposed to a heat source of 257°C. Propane, in contrast, requires a spark or flame of 490°C to ignite, and natural gas requires an even higher temperature, 649°C. In addition, gasoline reaches explosive concentrations sooner than gaseous fuels. This means that gasoline will ignite more readily, although all three fuels can be hazardous depending on the circumstances and on the proportion of air mixed with them.

Propane carburetion systems have a number of standard safety features, including: a relief valve on the tank that releases excess pressure in cases of over-heating or overfilling; an excess flow valve that automatically shuts off fuel flow if a fuel line breaks; a double nonreturn valve on the tank to prevent gas or liquid from backing up during filling; a solenoid and/or vacuum-controlled shutoff valve to prevent propane flow when the vehicle ignition is off or when the vehicle stalls; and a hydrostatic relief valve placed in the liquid line between any two possible shutoff valves to release liquid in the event of excess pressure buildup. Also, the propane tanks are required to handle four to five times their

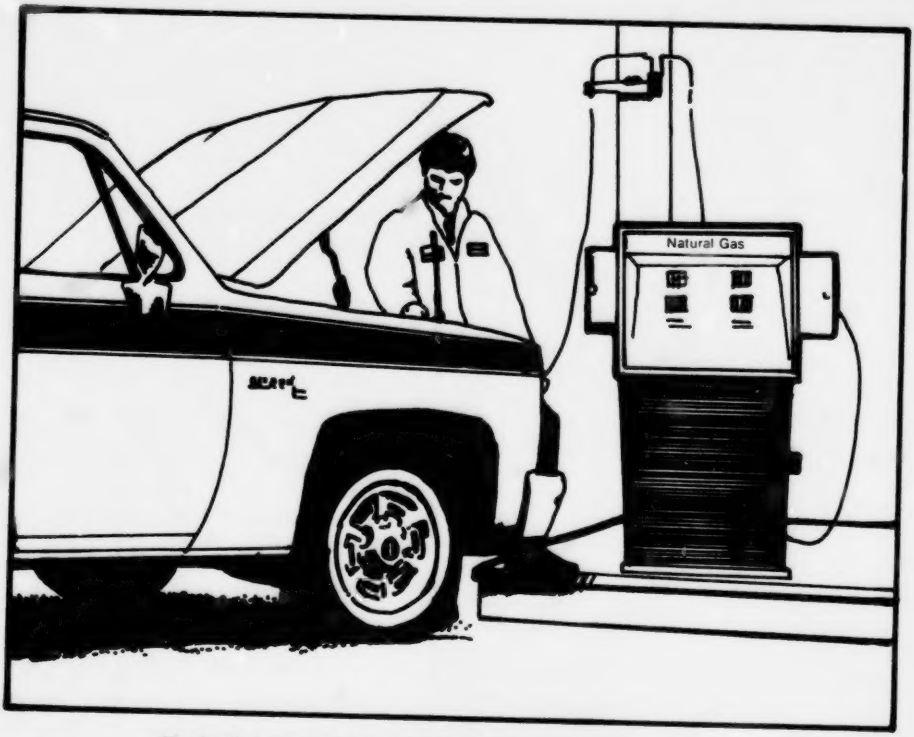


Propane and natural gas both have much higher ignition points than gasoline.

working pressure as a precaution against tank rupture.

The fuel system for natural gas is also designed with safety in mind. Storage cylinders approved for use in vehicles are constructed of high strength steel or filament-wound aluminum. The cylinders must have a 25 MPa rating and must be able to withstand a test pressure of 70 MPa. Cradles, frames and steel straps are used to affix the cylinder to the vehicle. The filling connection is equipped with an interlock switch to ensure that the vehicle cannot be started during refuelling, a valve that automatically seals the system after refuelling, and an excess pressure safety device.

With any combustible fuel there is a risk of fire or explosion in a vehicle accident. But because natural gas and propane are stored under pressure, the robust construction of



The fuelling connection for natural gas–powered vehicles is designed to ensure safe and efficient refuelling. For the consumer, there is very little difference between filling up with natural gas and refuelling with gasoline.

storage and carburetion components makes them stronger than the vehicles in which they are installed. This equipment has demonstrated a high capacity to remain intact, even in serious accidents.

The National Standard of Canada CAN 1-B149.2, published by the Canadian Gas Association and adopted in most provinces, places a few minor restrictions on the parking or garaging of propane vehicles. For example, the code does not permit indoor parking of propane vehicles unless they have a stop-fill shutoff valve to prevent overfilling, which could result in the escape of fuel.

The National Standard of Canada CAN 1-B149.1, prepared by the Canadian Gas Association, covers the installation of natural gas fuel systems and containers on highway vehicles and requirements for refuelling stations.

A vehicle must be converted by an installer who is certified by the appropriate provincial authority. Insurance rates and warranties are not usually affected. According to the CGA,

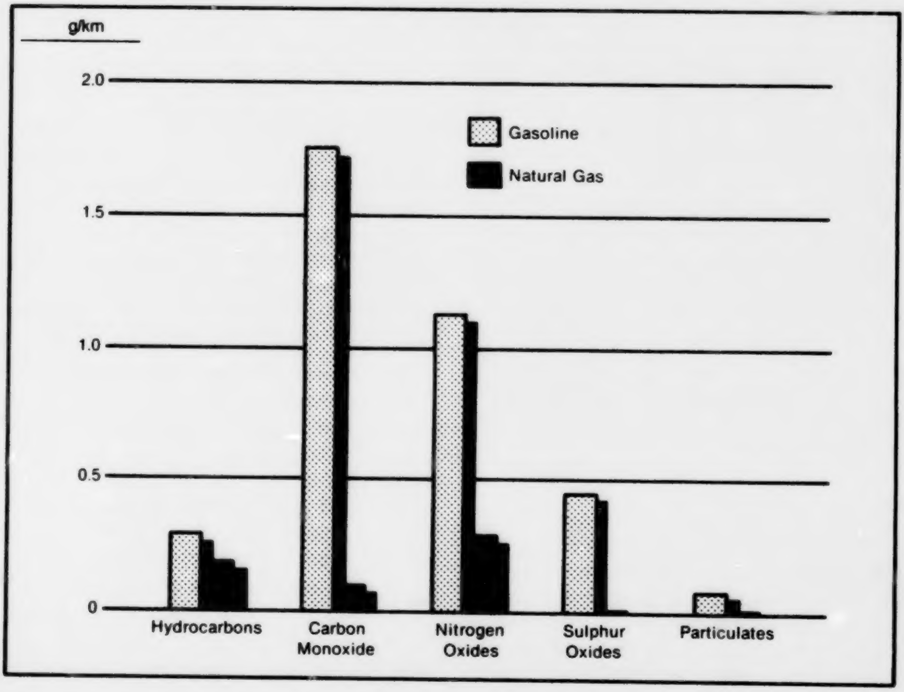
insurance underwriters and fire protection officials, natural gas and propane are considered to be as safe as or safer than gasoline, and recent experience reinforces these conclusions.

Environmental Impacts

The environmental impacts of engines burning propane and natural gas are generally less than those of gasoline engines. Propane burns more completely than gasoline; as a result, exhaust emissions, particularly of carbon monoxide and hydrocarbons, are lower. Carbon monoxide emissions from a vehicle burning natural gas are negligible, and although the level of hydrocarbon emissions is about the same as from a gasoline vehicle, these emissions consist mainly of unburned methane, which is nontoxic and does not cause photochemical smog.

Because gaseous fuels have high octane ratings, no lead additives are required, and thus lead emissions are eliminated. Emissions of nitrogen oxides from engines burning gaseous fuels are comparable to those from gasoline engines. There are no sulphur emissions from burning propane or natural gas.

Natural gas is a much 'cleaner' fuel than gasoline. Shown here are the levels of 'criteria emissions' (the sum of emissions from all steps from extraction to vehicle operation) for gasoline and natural gas, expressed as grams per kilometre driven for a typical passenger vehicle.



OVERSEAS EXPERIENCE

Canada, in moving to gaseous fuels, benefits from decades of operational experience around the world. Propane is used widely in the United States, Japan and Europe and to some extent throughout the rest of the world. For the consumer, this means that proven conversion components are readily available. For the fuel retailer or fleet operator, this is the best guarantee that storage, dispensing and metering equipment is affordable and safe.

Though it is less familiar to Canadians, natural gas is a mainstream transportation fuel in several countries. In Italy, the world's leading user, there are more than 250 000 natural gas vehicles on the road. Italy's experience dates back to the 1920s and there are at present more than 200 public natural gas refuelling outlets. France and the United States have substantial fleets of natural gas-powered commercial vehicles and, like Italy, have compiled an enviable safety record.

New Zealand, a country with substantial natural gas resources but no petroleum, provides the best example of today's rapid growth in the use of natural gas. Government incentives and public acceptance have combined to build a natural gas fleet which numbers about 80 000 vehicles, and which is growing at the rate of 4000 vehicles per month.

Many nations have abundant natural gas but little oil. A number of them, particularly developing countries, have proposed to 'build in' natural gas as a primary fuel for their future transportation infrastructure. These nations include Iran, Bangladesh, Thailand and Pakistan.

THE FUTURE OF GASEOUS FUELS

According to recent National Energy Board projections, gaseous fuels are expected to increase their share of the transportation fuel market to about 5 per cent by the year 2005. This seems small but it represents a considerable increase over the mid-1980s level of about 1 per cent. To get a better picture of what this means, one should note that 5 per cent of today's transportation energy fuels all rail traffic in Canada.

Between now and the end of the century, natural gas and propane are expected to grow in importance as transportation fuels. Canada is expected to continue to be a net exporter of propane until the end of the century. Supplies of propane should continue to increase as more natural gas is developed for both domestic and export markets, since most of Canada's propane is produced in conjunction with natural gas.

The long-term prospects for natural gas are bright because of our vast supplies of the raw resource. The main constraint to the growth of the natural gas transportation fleet will be the availability of fuelling centres and the weight and space restrictions caused by the low energy density of natural gas, even when greatly compressed.

Lighter, higher-pressure tanks are one obvious solution to the storage dilemma. These would allow greater vehicle range and reduce the fuel and space penalty associated with today's equipment. However, many different approaches are being tried and the solutions may be found in unexpected directions. The development of low-pressure natural gas storage in porous storage media, for example, would allow the storage of greater quantities of energy in a smaller space. Liquefaction of natural gas by refrigeration improves energy density, but this approach requires further research and demonstration.

Aside from direct benefits, such as fuel cost savings and reduced environmental impact, the movement to gaseous transportation fuels leads to a broad range of opportunities for Canadians. Harnessing the hydroelectric potential of our rivers has made us the world leader in this technology. Similarly, a massive shift to gaseous fuels would build a strong base of technological expertise, leading to significant manufacturing and export activity. Gaseous vehicle storage and carburetion equipment, not to mention metering, dispensing and compressing components, will be in demand both here and abroad. Given Canada's established expertise in tapping, processing and transporting natural gas, it is not hard to imagine that we could compete effectively in these new markets.

As gaseous fuels become more common in transportation, the associated hardware will become more accessible and economical. Manufactured gaseous-powered vehicles, if produced in sufficient numbers, would cost little more than their gasoline-powered counterparts. Conversion shops, parts and fuelling depots would become common as well. This would represent a significant new industry, stimulating both investment and employment.

As the events of the past decade have demonstrated, predicting our energy future is

an uncertain task. Regardless of shifts in outlook, however, our abundant domestic supplies of natural gas and propane will provide secure alternatives to conventional transportation fuels.

GLOSSARY

After-market conversion	Installation of equipment for burning a different type of fuel in a vehicle after initial construction is completed.
Alcohol	One of a large series of organic compounds; some occur naturally but most are manufactured. Formed by replacing one or more hydrogen atoms in a hydrocarbon molecule with a hydroxyl group.
Anaerobic digestion	Decomposition of organic matter, such as agricultural wastes, into more valuable commodities by the action of bacteria in the absence of oxygen.
Antiknock	Resistance of motor fuel to the tendency to knock (see Knocking).
Biogas	Gaseous fuel consisting mainly of methane, derived from animal manure or municipal waste by the process of anaerobic digestion.
Biomass	Material of plant origin, including agricultural wastes, wood and animal manure.
Butane	Highly flammable, volatile, gaseous hydrocarbon (C_4H_{10}) that is extracted from natural gas or produced by cracking petroleum. Used as a blending compound to increase the vapour pressure of gasoline and promote cold starting. Exists in two different molecular forms or isomers; in normal butane (n-butane), the four carbon atoms are arranged in a straight line, but in isobutane they form a branched chain. The calorific value of n-butane is higher.
Carbon monoxide	A colourless, odourless, toxic gas composed of equal parts of carbon and oxygen. Produced by partial combustion (oxidation) of hydrocarbon fuels.
Carburetor	Component of a vehicle engine that automatically prepares and supplies to the cylinder the correct mixture of fuel vapour and air for efficient combustion.
Carburetor adaptor	A device attached to the carburetor that permits a vehicle engine to operate on either gasoline or LPG.
Cascade	Bank of fuel storage cylinders connected in series.
Compression ratio	Ratio of the volume of gas within the cylinder of a vehicle engine before compression to the volume after the gas has been fully compressed by the piston. If the CR is too high, knocking occurs. In a modern automobile engine, the CR is about 9:1.
Condensable hydrocarbons	Hydrocarbon gases that can be liquefied at moderate pressures. Examples are propane and butane.
Condensate	Mixture of pentanes and heavier hydrocarbons produced from oil or gas wells; gaseous as produced when hot, but becomes liquid on cooling at the surface.
Conventional fuels	Liquid hydrocarbon fuels obtained by refining crude oil.

Conventional oil reserves	Crude oil and condensate which can be recovered from an underground reservoir using standard production techniques.
Converter	Combined vaporizer and pressure regulator in a gaseous-powered engine. Converts liquid butane and propane at tank pressure into gaseous fuel at slightly below atmospheric pressure and regulates the flow through the carburetor in the correct volume and pressure for efficient engine operation at all speeds and loads.
Corrosion	Erosion of a metal surface caused by chemical reaction of the metal with substances in contact with it.
Criteria emissions	The sum of emissions from a fuel resulting from all steps from resource extraction to vehicle operation.
Cryogenic refrigeration	Technique of storage at extremely low temperatures (below -200°C), which allows fuels with low boiling points to be kept in a liquid state.
Dedicated carburetion system	A vehicle system that can be operated on one fuel only. Opposite of a dual-fuel system.
Dewpoint	The temperature at which a vapour begins to condense.
Diesel fuel	High-grade fuel oil suitable for use in compression ignition engines. Available in different grades; regular has a cetane number of 40-45 and premium of 45-50.
Dual-fuel carburetion system	A vehicle system equipped to operate on two different fuels, e.g., gasoline and LPG.
Ethane	Colourless, flammable hydrocarbon gas (C_2H_6) found in small quantities in natural gas.
Flame speed	The rate at which combustion moves through an explosive mixture such as a fuel.
Flare	To burn off excess natural gas at the wellhead.
Float gauge	Device that indicates the level of fuel in a vehicle's fuel tank by measuring the height of a component floating on the surface of the liquid.
Fraction	Product of refining or distillation consisting of all the compounds which boil between any two arbitrarily chosen temperatures or cut points. Examples are naphtha, kerosene and fuel oils.
Fractional distillation	Process of separating a mixture of liquids of different volatility, e.g., crude oil, into its various components by applying heat and then condensing each vapour as it is collected.
Fractionation	See Fractional distillation.
Fractionation column	Vertical apparatus used for separating gases or liquids into fractions according to their boiling points.
Fractionator	See Fractionation column.

Fuel-air ratio	Ratio of the weight of fuel to air that is required for consistent ignition in a vehicle engine.
Fuel filter	Device installed in the fuel line of a vehicle between the fuel pump and the carburetor to remove solid particles and water.
Fuel injector	High-pressure pump that injects liquid fuel directly into the engine cylinder.
Fuel lock	A solenoid valve controlling fuel flow in a propane engine; it allows the liquid propane to flow to the vaporizer only when the engine is operating or being started.
Gasification	Production of methane from coal or biomass by heating the feedstock to high temperature under high pressure in a restricted amount of oxygen.
Gasogene	An apparatus carried by a vehicle to produce gas for fuel by partial burning of charcoal or wood.
Gasoline	Refined mixture of volatile, petroleum-derived hydrocarbon liquids with octane numbers ranging from 60 to above 100; used as a fuel for spark ignition engines.
Hydrocarbon	One of a very large series of chemical compounds, consisting solely of carbon and hydrogen atoms, which form the basis of all petroleum products. Those with few carbon atoms are gases and those with many are solids.
Hydrogen	The simplest and lightest element. In its molecular form it is a colourless, odourless, tasteless gas, but it never occurs naturally in this form.
Hydrogen sulphide	Flammable, toxic gas with a characteristic odour of rotten eggs. Formed by reaction of hydrogen with sulphur compounds during petroleum refining and occurs naturally in natural gas. Causes metals to corrode.
Hydroxyl group	Part of a molecule, consisting of an atom of oxygen bonded to an atom of hydrogen. Characteristic component of alcohols.
Ignition point	The lowest temperature at which combustion begins and is maintained in a fuel when it is heated in air.
Inflammable	Outdated synonym for 'flammable', i.e., supports combustion.
Knocking	Pinging sound in a spark ignition engine caused by the fuel-air mixture self-igniting before the spark is passed at the spark plug; can lead to engine damage. Prevented by using a higher octane fuel.
Liquefaction	Conversion of a solid feedstock to a liquid fuel by the application of heat, or of a gas to a liquid fuel by the use of cold or pressure.
Liquefied petroleum gas	A group of hydrocarbon gases, primarily butane and propane, obtained from crude oil and natural gas production and also as byproducts of refining. Compressed to liquid form for storage and transportation and used as a fuel.

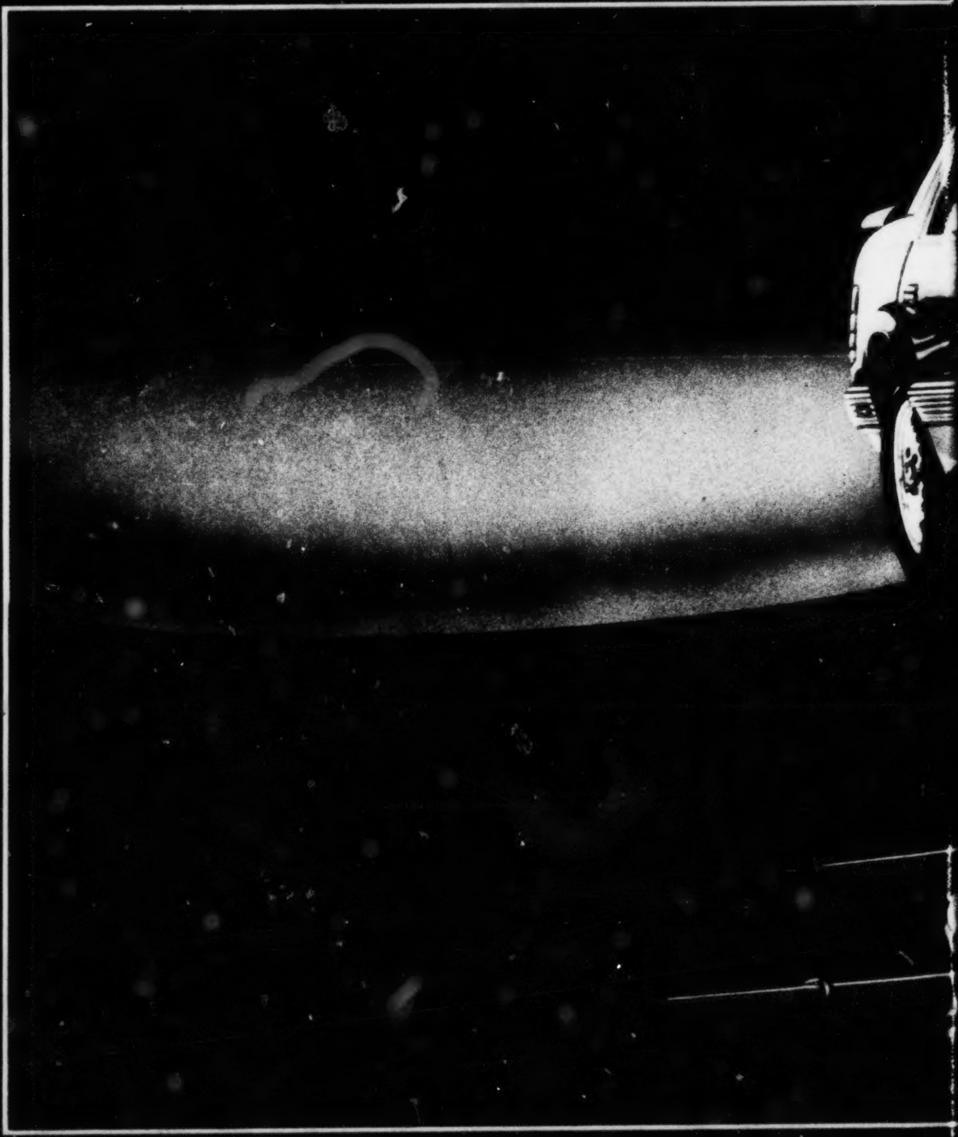
LPG	See Liquefied petroleum gas.
Magnetic survey	Use of magnetometer on the ground or in an aircraft to plot local variations in magnetic intensity which are used to determine depth, size and shape of geological features.
Methane	Colourless, odourless, flammable gas with the formula CH_4, making it the simplest hydrocarbon. Main constituent of natural gas.
Methanol	Colourless, toxic liquid with the formula CH_3OH; the simplest of the alcohol series. Also called methyl alcohol.
Multipoint injection	Fuel injection technique in which fuel is injected directly into each cylinder in the engine.
Municipal waste	Biomass feedstock in the form of municipal garbage and sewage. Yields fuels via gasification or anaerobic digestion.
Natural gas	Flammable mixture of gaseous hydrocarbons, mainly methane. Occurs naturally, usually in association with crude oil.
Nitrogen oxides	Various gaseous combinations of nitrogen and oxygen atoms produced by burning fuels and therefore found in exhaust emissions. Usually abbreviated as NO_x. All are toxic except nitrogen dioxide.
Octane number	An arbitrary value that indicates the antiknock quality, or grade, of a gasoline, i.e., provides a measure of the resistance of the fuel to premature ignition. Iso-octane (octane number 100) is added to n-heptane (octane number 0) to produce a mixture with the same knocking characteristics as the gasoline blend being tested. The proportion of iso-octane in the mixture indicates the octane number of the gasoline blend. Available gasoline blends usually range in octane number from 92 to 100.
Octane rating	See Octane number.
Pentane	Colourless, flammable hydrocarbon liquid (C_5H_{12}) derived from petroleum and found in gasoline.
Pilot injection engine	A gaseous-powered engine that requires injection of a small amount of diesel fuel to ignite the gaseous fuel.
Piston	Engine component that moves back and forth in the cylinder under the force of the exploding fuel.
Piston engine	A type of engine characterized by reciprocating motion of pistons in a cylinder. Most automobile engines are of this type.
Potential reserves	Volume of a resource that could be recovered, depending on geological, technological and economic factors.
Pressure regulator	Device fitted to the vent of a closed gas storage system to maintain the pressure within the required range.
Producer gas	Manufactured gas mixture, mainly of carbon monoxide, hydrogen and nitrogen, formed by passing air and steam over hot coke or coal.

Propane	Heavy, volatile, colourless hydrocarbon gas (C_3H_8) that can be readily liquefied at ambient temperatures and is the main component of LPG. Can be extracted from natural gas and is also produced during refining.
Refining	Process of heating crude oil until it separates into its chemical components, which are then processed into usable products.
Regasification	Process of converting liquefied natural gas back into gaseous form for use as a fuel.
Remote sensing	Techniques for gathering information about a petroleum deposit which do not require direct contact with it. Usually carried out from an aircraft or satellite.
Reserves	Part of an identified resource of known quantity and quality, from which energy supplies can be economically recovered using currently available techniques.
Retrofit	See After-market conversion.
Sedimentary basin	A former sea floor depression in which sediments are deposited; thicker in the centre, thinner towards the edges.
Shut-in field	Oil or natural gas field where flow is stopped by closing inlet and outlet valves.
Single-point injection	*See* Throttle body injection.
Sour gas	Natural gas with a relatively high proportion of sulphur, giving it an unpleasant odour.
Spark advance curve	Curve indicating the instant at which a spark ignition engine should fire for most efficient operation throughout the range of speed and operating conditions. The spark is automatically retarded or advanced according to requirements. To obtain maximum power at higher speeds, it is necessary for the spark to occur slightly earlier in the engine cycle.
Straddle plant	A natural gas processing plant, located on a main gas transmission system, which extracts ethane, propane, butanes and condensate from the gas stream.
Substitute natural gas	*See* Synthetic natural gas.
Sweeten	Improve the colour and odour of a petroleum product by chemically removing sulphur compounds.
Synthetic natural gas	Manufactured fuel gas with similar composition and energy content to natural gas extracted from a petroleum reservoir.
Throttle body injection	Fuel injection technique in which the fuel is injected into the stream of incoming air before it is distributed to the engine cylinder.
Vaporizer	Device for converting liquid fuel into a gas.

Disponible en français sur le titre

LES CARBURANTS DE L'AVENIR

LES CARBURANTS GAZEUX



LES CARBURANTS DE L'AVENIR

LES CARBURANTS GAZEUX

Canadä

LES CARBURANTS DE L'AVENIR
LES CARBURANTS GAZEUX

TABLE DES MATIÈRES

Introduction 3

Qu'est-ce qu'un carburant gazeux? 5

Historique des carburants gazeux 7

Production et distribution 11

Utilisation des carburants gazeux 20

L'avenir des carburants gazeux 37

Glossaire 39

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1986

No. de cat. M27-74/4-1986F
ISBN 0-662-93847-X

LES CARBURANTS GAZEUX

INTRODUCTION

Deux carburants gazeux — le gaz naturel et le propane — ont commencé à concurrencer sérieusement les carburants classiques extraits du pétrole. Solution moderne de rechange, le propane et le gaz naturel ne sont pas près de disparaître, car ils représentent une option attrayante à maints égards comme de nombreux automobilistes le constatent déjà.

Le gaz naturel est l'une des ressources énergétiques les plus abondantes au Canada. Nos réserves actuelles sont 30 fois supérieures à notre consommation annuelle, exportations comprises. Selon les estimations de l'Office national de l'énergie, ces réserves augmenteront au même rythme que la consommation au cours des 20 prochaines années.

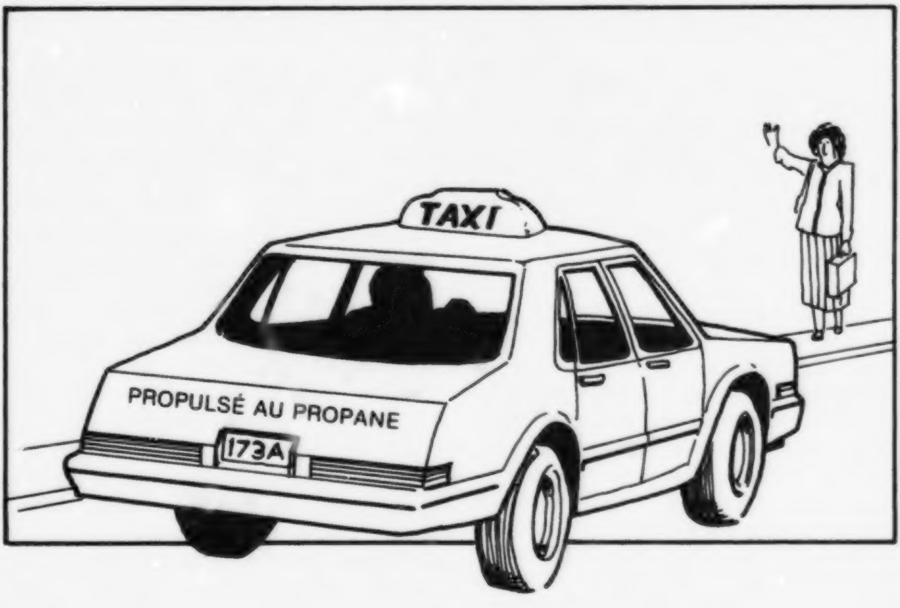
Les carburants gazeux offrent plusieurs possibilités pour les transports. Ils comprennent le gaz naturel comprimé ou liquéfié, le propane (aussi appelé gaz de pétrole liquéfié, ou GPL) et le gaz naturel synthétique, terme qui désigne tout autre gaz composé principalement de méthane et provenant de sources autres que le gaz naturel. Par exemple, le charbon peut être transformé en carburant gazeux synthétique. Par ailleurs, on utilise le gaz produit par la fermentation des déchets pour faire fonctionner des moteurs de machinerie et chauffer des locaux à proximité du lieu de fabrication du gaz.

Les carburants gazeux offrent également d'autres avantages pour le Canada. Le gaz naturel est la ressource clé, car il est facile à exploiter et ne coûte pas cher. De plus, le Canada tire du gaz naturel 80 % de ses approvisionnements en propane; les 20 % restants proviennent du raffinage du pétrole brut. L'utilisation accrue des carburants gazeux limiterait notre dépendance à l'égard des carburants pétroliers liquides, réduirait nos importations de pétrole et permettrait d'utiliser nos ressources pétrolières relativement peu abondantes à d'autres fins que la production de carburants.

Les carburants gazeux ont fait leur preuve dans les moteurs à bougies et les techniques de stockage sont elles aussi éprouvées. La popularité des carburants gazeux ne cesse de croître. Dans certains pays tels la Hollande, la Belgique et l'Italie, le propane occupe une place importante parmi les carburants utilisés. Au Canada, les hausses du prix de l'essence ont incité les automobilistes à rechercher des carburants de remplacement. Le propane est maintenant couramment employé en milieu urbain et il propulse divers types de véhicules, dont les taxis, les véhicules de livraison et les autobus scolaires.

Quant au gaz naturel comprimé, on l'utilise dans de nombreux pays depuis quatre décennies et les automobilistes canadiens peuvent maintenant l'employer comme carburant. Le réseau de distribution du gaz naturel n'est pas aussi développé que celui du propane, mais les infrastructures nécessaires sont actuellement mises en place. Dans la plupart des centres urbains desservis par les gazoducs de gaz naturel, on retrouve des postes de ravitaillement auxquels d'autres viendront s'ajouter. Cette présence accrue du gaz naturel contribue à faire augmenter le nombre de parcs de véhicules qui s'approvisionnent en gaz naturel.

Cette publication vise à faire le point sur les carburants gazeux et leur utilisation au Canada. Le succès d'un carburant de remplacement est étroitement lié à l'étendue du réseau de distribution, car il va de soi que les propriétaires de véhicules opteront pour un carburant facile à trouver. Peu à peu, le nombre de postes de ravitaillement augmente et les véhicules propulsés aux carburants gazeux deviennent chose commune. Il peut donc être avantageux de comprendre les aspects techniques des carburants gazeux, surtout si l'on envisage d'acheter un véhicule neuf ou de convertir celui que l'on possède déjà.



QU'EST-CE QU'UN CARBURANT GAZEUX?

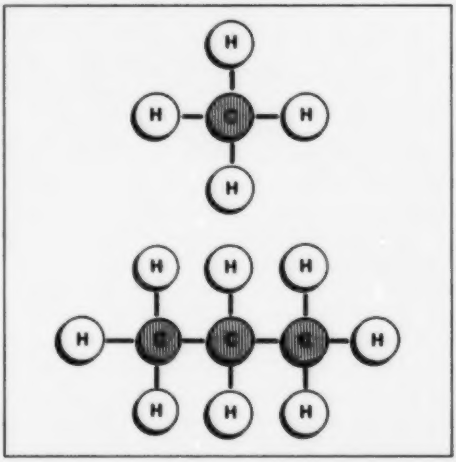
Tout d'abord, un peu de chimie . . .

Le gaz naturel et le propane sont des hydrocarbures, c'est-à-dire qu'ils sont composés d'atomes d'hydrogène (H) et de carbone (C). En ce sens, ils sont similaires aux carburants liquides comme l'essence. Mais à la différence de ces derniers, les carburants gazeux sont plus riches en hydrogène, un élément qui est plus léger que le carbone. C'est pourquoi le propane et le gaz naturel sont des gaz plutôt que des liquides à température et pression normales.

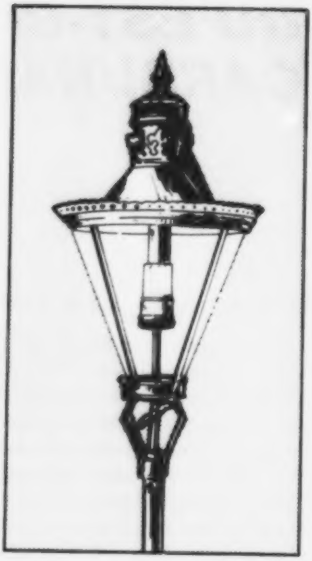
L'hydrocarbure gazeux le plus simple du point de vue chimique est le méthane (CH_4). Celui-ci est le principal composant du gaz naturel; d'ailleurs les deux termes sont souvent employés l'un pour l'autre. Toutefois, le méthane est un gaz de composition chimique bien définie, alors que le gaz naturel est un mélange contenant du méthane, de l'éthane, du propane, du butane et d'autres hydrocarbures. Les proportions relatives de ces composants varient selon la source du gaz naturel.

Le propane (C_3H_8) est présent dans le gaz naturel et dans le pétrole. Le carburant vendu sous le nom de propane contient au moins 90 % de propane pur, le reste étant composé de propylène et de butane en proportions variables.

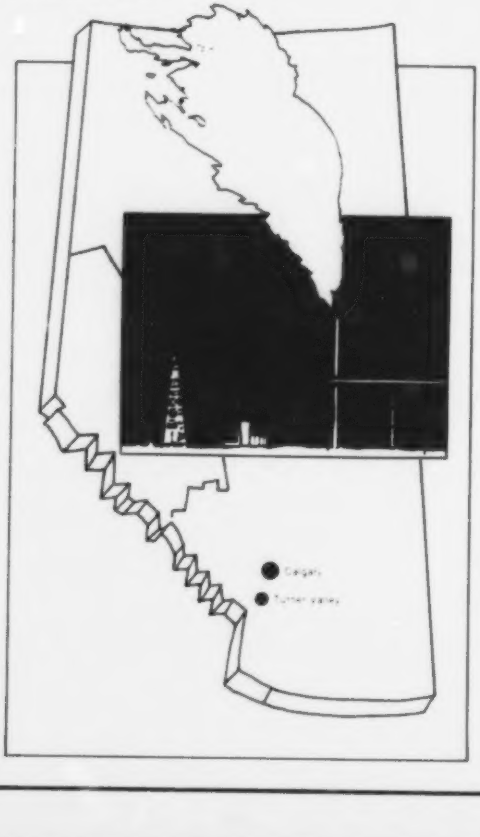
Avec un seul atome de carbone, le méthane est le plus simple des hydrocarbures. Le propane, avec trois atomes de carbone, est un peu plus lourd et plus complexe. Les diverses propriétés des hydrocarbures dépendent de leur structure moléculaire.



Les premiers brûleurs à gaz étaient de simples tiges de fer percées de trous, mais vers la fin du XIX^e siècle, d'élégantes lampes comme celle-ci éclairaient les rues des villes en Europe et en Amérique du Nord.



Les énormes quantités de gaz naturel trouvées dans les formations pétrolifères de Turner Valley furent d'abord jugées nuisibles, et une grande partie de ce gaz fut brûlée à la torche.



HISTORIQUE DES CARBURANTS GAZEUX

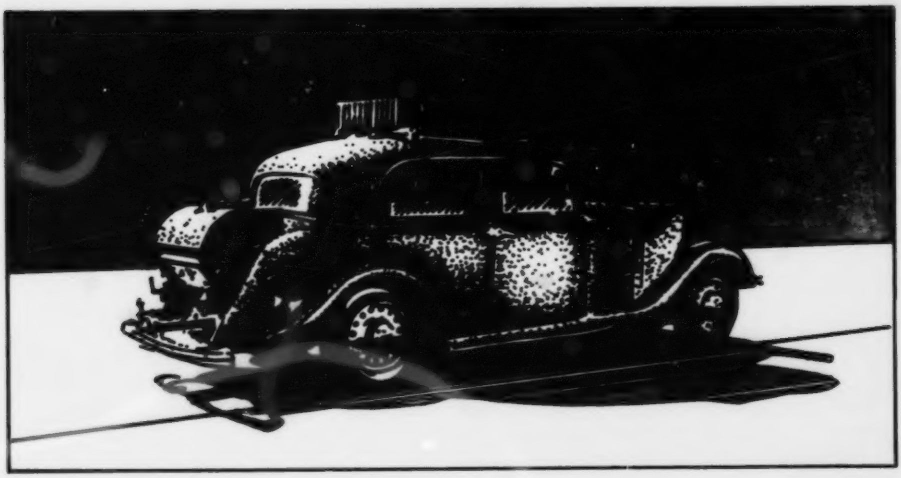
On utilise commercialement le gaz naturel et le gaz manufacturé depuis près de 200 ans, bien que le gaz naturel soit connu depuis plus longtemps. Le gaz d'éclairage, produit à partir du charbon, a fait son apparition en Europe et aux États-Unis au début du XIX[e] siècle. Fabriqué dans un four dans lequel l'admission d'air est restreinte afin d'empêcher une combustion complète, le gaz d'éclairage est un mélange de monoxyde de carbone, d'hydrogène et d'azote.

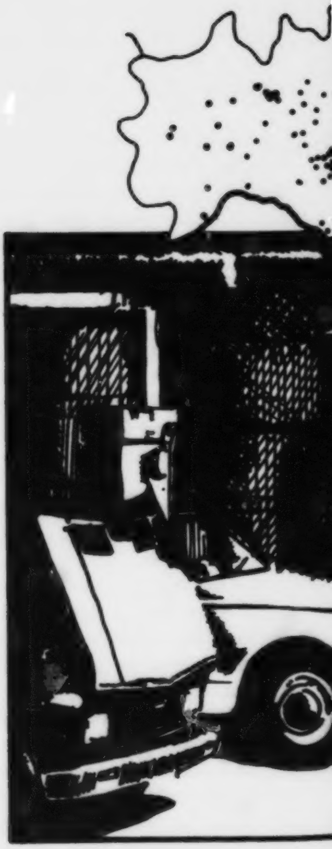
Fondée en Angleterre en 1812, la «London Westminster Chartered Gas, Light & Coke Co.» fabriquait de l'«air inflammable» qu'on faisait circuler dans des conduits en bois jusqu'aux points d'éclairage. Aux États-Unis, la première manufacture de gaz a été établie à Baltimore, en 1816. Et c'est seulement vers 1840 que Toronto et Montréal se dotèrent de l'éclairage au gaz. Plus tard, au cours de la seconde moitié du XIX[e] siècle, on se mit à employer le gaz à d'autres fins que l'éclairage, notamment pour la cuisson, le chauffage de l'eau et des locaux, ainsi que dans l'industrie.

En Amérique du Nord, c'est à Fredonia (État de New York) qu'on utilisa le gaz naturel pour la première fois. En 1821, on y creusait un puits dans des dégagements gazeux peu profonds. À l'exception de quelques découvertes limitées dans le sud-ouest de l'Ontario, l'industrie canadienne du gaz s'est développée principalement dans l'Ouest. Elle a pris naissance à la suite d'une découverte accidentelle de gaz en 1883, près de Langevin (Alberta), par une équipe du Canadien Pacifique affairée à creuser un puits afin de trouver de l'eau. Au début du siècle, on mettait en valeur le premier champ commercial de gaz naturel au Canada, à Medicine Hat (Alberta). Celui-ci devait être suivi d'un grand nombre d'autres en Alberta, dont celui de Turner Valley, en 1924.

Au début, on rencontrait surtout le gaz naturel au cours des travaux d'exploration pétrolière et il constituait plus un inconvénient qu'autre chose. C'est pourquoi on en brûla une grande partie à la torche. Mais depuis l'émergence d'un marché pour le gaz naturel, celui-ci est repompé sous terre d'où il est extrait lorsque la demande le justifie.

Pendant les beaux jours du gaz manufacturé, au milieu du XIX[e] siècle, on avait entrepris des expériences en vue d'utiliser le gaz comme source d'énergie mécanique. Depuis le début du XIX[e] siècle, on employait uniquement des moteurs à combustion externe, lesquels étaient mus par la vapeur obtenue à l'aide de combustibles solides comme le bois et le charbon. Logiquement, l'étape suivante était le moteur à combustion interne. Dans ce moteur, le combustible est mélangé à l'oxygène dans un cylindre. La pression exercée par la dilatation du mélange enflammé déplace un piston. Il était évidemment impossible d'employer les combustibles solides à cette fin. L'attention se porta donc sur le gaz naturel. En 1860, le Français Étienne Lenoir fabriquait le premier moteur à gaz à deux temps. Un mélange d'air et de gaz était admis dans un cylindre horizontal et allumé à mi-course par une étincelle électrique. La dilatation du mélange gazeux refoulait le piston au fond du cylindre. À peine quelques années plus tard, l'Allemand Nicklaus Otto mettait au point le moteur à quatre temps, lequel pouvait fonctionner à l'essence ou à l'alcool.





Seule l'Italie continua à garder un parc de véhicules au gaz après la Seconde Guerre mondiale. La carte illustre les quelque 200 points de ravitaillement en gaz en Italie.

Au cours de la Seconde Guerre mondiale, on modifia des milliers d'automobiles pour qu'elles puissent rouler aux carburants gazeux. Voici une installation typique : un «gazogène» fabriqué en usine était placé dans le coffre et produisait du gaz à partir du charbon de bois, lequel était stocké dans la partie courbée au haut de l'appareil et sur la galerie de toit. Des épurateurs et des refroidisseurs de gaz étaient placés sur les ailes avant. Grâce à des systèmes de ce genre, les voitures ont pu rouler (plus ou moins) durant les pénuries de carburant, mais ils furent rapidement abandonnés lorsque l'essence réapparut.

Les moteurs au gaz perdirent tout intérêt lorsqu'on trouva un moyen satisfaisant de vaporiser et de brûler un carburant liquide (l'essence en l'occurence). Quelques véhicules fonctionnèrent au gaz, dont l'une des premières automobiles et un tramway dans la région de Londres en 1894, mais ce furent des cas isolés. Il était beaucoup plus facile et plus sûr de manipuler et transporter les carburants liquides que le gaz. En outre, les carburants liquides convenaient davantage aux véhicules de l'époque que le gaz.

Les véhicules au gaz ont connu un modeste regain de popularité en Europe et en Amérique du Sud, au cours des années 1930 et 1940. La Seconde Guerre mondiale provoqua une pénurie de carburants liquides. Il fallut donc modifier certains moteurs pour qu'ils puissent brûler les gaz tirés du charbon, du bois, des copeaux de bois ou des épis de maïs. Depuis, ce type de moteur est tombé en désuétude. Seule l'Italie a possédé sans interruption un parc de véhicules propulsés au gaz naturel. Quant au gaz naturel comprimé, on l'avait déjà utilisé comme carburant, en particulier dans les automobiles avant le Seconde Guerre mondiale, et sa popularité s'est maintenue. En ce qui concerne le propane, on l'emploie depuis plusieurs décennies en Europe, au Japon et aux États-Unis.

La recherche du pétrole et du gaz dans l'Arctique et au large des côtes nécessite des installations de forage très coûteuses. Malgré les coûts et les conditions difficiles de travail, l'ampleur des réserves potentielles de gaz et de pétrole justifie la poursuite des travaux.

PRODUCTION ET DISTRIBUTION

Le gaz naturel (méthane)

Sources

Aujourd'hui, le gaz naturel canadien provient en majeure partie des provinces de l'Ouest. Celles-ci demeureront la principale source d'approvisionnement, mais les réserves de l'Arctique et celles des fonds marins de la côte Est représenteront bientôt une part appréciable de la production canadienne. Des travaux d'exploration et de délimitation des nouvelles réserves sont en cours dans toutes ces régions. Néanmoins, on poursuit les travaux d'exploration dans l'Ouest canadien, car l'industrie gazière y est déjà implantée et cette région possède déjà toute une infrastructure de production et de distribution. Dans l'Arctique et au large des côtes, l'ampleur des réserves potentielles a incité plusieurs sociétés à entreprendre d'intenses travaux d'exploration, malgré un climat hostile, l'absence d'infrastructure et l'éloignement considérable des marchés. On a délimité d'importantes réserves dans la mer de

OFFRE ET DEMANDE DE GAZ NATUREL AU CANADA

Au cours des dix dernières années, les nouvelles réserves de gaz se sont accrues presque deux fois plus rapidement que notre consommation intérieure et nos exportations. Selon des estimations faites à la fin de 1982, les réserves établies de gaz naturel représentent 30 fois notre production annuelle totale, alors que les réserves de pétrole classique ne représentent que 10 fois notre production annuelle actuelle.

Selon les prévisions, les additions aux réserves de gaz naturel seront presque égales à notre consommation et à nos exportations au cours des 20 prochaines années. En d'autres mots, nous aurons encore des réserves importantes d'ici 2005.

L'Alberta et la Colombie-Britannique fournissent actuellement 98 % de la production canadienne de gaz. Au cours de la période visée par les projections, ces deux provinces satisferont encore à la plupart des besoins du Canada, mais vers 2005, environ 15 % de l'offre pourrait provenir des réserves de l'Arctique et des fonds marins de la côte est.

On s'attend à ce que la demande de gaz naturel double presque (de 90 milliards à 165 milliards de mètres cubes par an) au cours de la période visée par la prévision. Les marchés vont vraisemblablement prendre de l'expansion à mesure que le gaz sera introduit dans de nouvelles régions. Selon ce scénario, les réseaux de distribution joueront un rôle important, car les Canadiens auront l'occasion de profiter de l'une de leurs ressources énergétiques les plus abondantes tout en diminuant leur consommation de pétrole, dont les réserves diminuent.

Source : Office national de l'énergie, septembre 1984

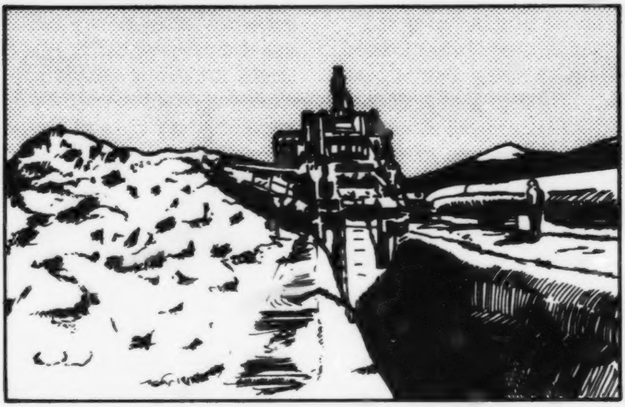
Beaufort, dans le delta du Mackenzie, dans l'archipel de l'Arctique et au large de la côte Est.

Les réserves prouvées du Canada en gaz naturel s'élèvent à plus de 2,5 billions de mètres cubes, et les réserves potentielles à 7 billions de mètres cubes. La production actuelle, tant pour les marchés intérieurs que pour l'exportation, est bien en deçà de notre niveau potentiel de production. Le gaz naturel dont nous n'avons pas besoin actuellement est stocké dans des champs fermés, c'est-à-dire qu'il se trouve dans des gisements mis en valeur mais non encore exploités, ou encore dans des champs connus qui seront mis en valeur au moment opportun. Compte tenu des fluctuations saisonnières de la demande, les producteurs stockent souvent le gaz sous terre jusqu'à ce que la demande en justifie l'extraction.

Extraction

L'expérience acquise au cours de plusieurs décennies de travaux a donné naissance à des techniques perfectionnées d'exploration et d'extraction du gaz. Trouver de nouvelles sources de gaz est une tache difficile et coûteuse. Le travail débute par un processus d'élimination. Chaque étape du processus consiste à étudier toutes les données pertinentes de façon à cerner avec le plus de précision l'emplacement possible des structures gazifères. Ainsi, on s'approche peu à peu du début des forages. Les étapes préliminaires font appel à la télédétection, aux levés photographiques et magnétiques, et, depuis peu, aux satellites. Les géologues vont ensuite sur le terrain afin d'observer de plus près les caractéristiques de surface et faire des levés sismiques pour obtenir un profil du sous-sol. Tous ces travaux d'exploration

Les zones ombragées sur cette carte sont des bassins sédimentaires, c'est-à-dire des régions où le gaz naturel est actuellement produit ou pourra l'être un jour. La majeure partie du gaz naturel canadien provient de l'Alberta et de la Colombie-Britannique, mais l'Arctique et les régions au large de la côte est recèlent des réserves prometteuses pour l'avenir. Un réseau de gazoducs achemine le gaz de Vancouver à Québec. Les Maritimes et l'île de Vancouver ne sont pas encore desservies par le réseau. Il faudra construire de nouveaux gazoducs afin de relier les nouvelles régions productrices aux marchés.



Lorsqu'on installe un gazoduc, on enlève d'abord la couche de terre superficielle que l'on met de côté. On réutilisera cette terre pour recouvrir la canalisation. Afin de creuser le sous-sol, on utilise d'énormes trancheuses. Les canalisations sont enfouies à une profondeur suffisante pour que le sol le recouvrant puisse retourner à son utilisation première.

utilisent les ordinateurs pour la production, le tamisage et l'analyse des données.

Le forage est le seul moyen de localiser les gisements de gaz. C'est une étape très coûteuse, car peu de trous de sonde révèlent la présence d'une quantité suffisante de gaz pour que l'exploitation du gisement soit rentable. Lorsqu'on trouve du gaz, on doit forer de nouveaux trous afin de déterminer l'étendue du gisement.

Traitement

Comme le gaz naturel brut contient des impuretés solides, on doit le nettoyer et le traiter avant de l'employer comme carburant. On doit aussi enlever la vapeur d'eau, car celle-ci peut causer des problèmes de gel dans les gazoducs. D'ailleurs, l'élimination de l'eau améliore les propriétés combustibles du gaz. De plus, on extrait d'autres substances, tels les gaz de pétrole liquéfiés (propane et butane) et l'hydrogène sulfuré, que l'on peut transformer en soufre.

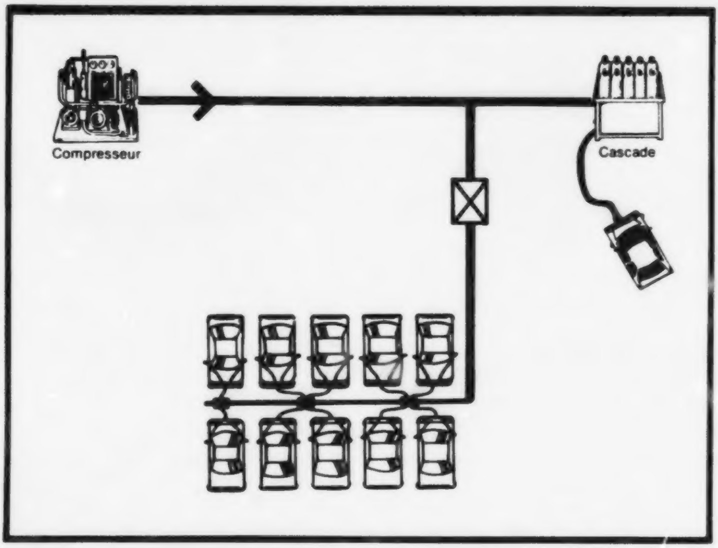
Les usines de traitement sont situées à proximité des gisements. Chaque usine est conçue selon les caractéristiques du gaz qu'elle doit traiter.

Transport

Au Canada, le gaz est transporté par gazoduc. Dans les années 1940, les gazoducs couvraient de faibles distances en Alberta et en Ontario. Aujourd'hui, ils sont regroupés en un vaste réseau national reliant les producteurs et les utilisateurs. Le réseau s'étendra éventuellement jusqu'aux centres urbains qui ne sont pas encore desservis par le gaz naturel, principalement dans la région de l'Atlantique.

La question de la distribution est capitale pour toute forme d'énergie dont on veut généraliser l'utilisation. S'il s'agit d'un carburant, celui-ci doit être offert dans les principaux centres urbains et le coût du transport doit être raisonnable. Pour le gaz naturel, on dispose maintenant d'un réseau de distribution relativement bien développé qui permet d'offrir un produit bon marché.

Même s'ils coûtent très cher à construire, les gazoducs durent longtemps et constituent un moyen économique d'acheminer le gaz. Les postes de ravitaillement en gaz naturel sont tout bonnement reliés aux gazoducs.



Système de ravitaillement en gaz naturel. Le gaz provenant d'une canalisation ordinaire est comprimé à une pression d'environ 25 MPa. Il passe ensuite directement du compresseur au réservoir de l'automobile; on peut également le stocker sous pression. Le ravitaillement direct à partir du compresseur («ravitaillement lent») prend plusieurs heures; c'est pourquoi il est généralement fait la nuit. Si l'on utilise le gaz contenu sous pression dans les réservoirs de stockage, on peut faire le plein d'une automobile en 5 min (on parle alors de «ravitallement rapide»).

Le gaz destiné au ravitaillement rapide est stocké en «cascade» — terme qui désigne des batteries de cylindres reliées entre elles. Le compresseur remplit les batteries de cylindres en débutant par la batterie dont la pression est la plus élevée, et il remplit ensuite les autres batteries selon l'ordre décroissant de leur pression interne. Les véhicules sont ravitaillés à partir de la batterie dont la pression est la plus faible. S'il n'y a pas assez de gaz dans la batterie pour pressuriser le réservoir du véhicule à 20,7 MPa, une soupape ferme l'alimentation de cette batterie et c'est la batterie suivante qui termine le ravitaillement du véhicule. De la sorte, un système en cascade peut répondre aux demandes de pointe. Lorsque les batteries sont vides, le compresseur les remplit dans l'ordre.

Livraison à la pompe

Pour les automobilistes, il n'y a guère de différence entre faire le plein de gaz naturel et faire le plein d'essence. Le plein de gaz naturel prend un peu plus de temps et, dans la plupart des cas, il doit être fait plus fréquemment, car les dimensions et le poids des réservoirs limitent l'autonomie des véhicules. Mais c'est là un bien petit inconvénient pour un carburant qui peut coûter jusqu'à deux fois moins cher que l'essence.

Au poste de ravitaillement, la pompe à gaz naturel ne diffère pas beaucoup de la pompe à essence. Cependant, derrière cette façade simple se cache un matériel perfectionné qui permet de manipuler le gaz naturel de façon commode et sûre. Les postes de ravitaillement en gaz naturel coûtent

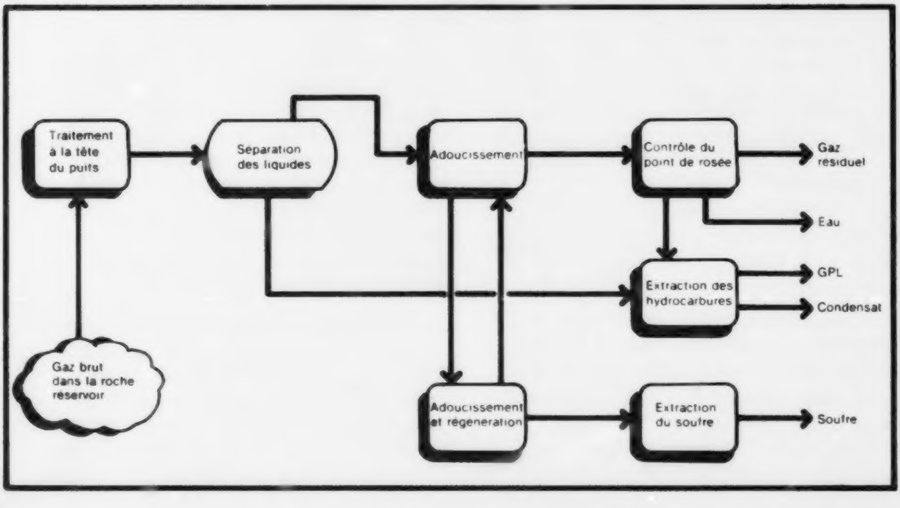
beaucoup plus cher que les postes d'essence similaires. En effet, il faut comprimer le gaz naturel afin d'en réduire le volume. Ainsi, les automobiles peuvent en transporter une quantité suffisante et avoir une autonomie raisonnable entre chaque plein de carburant. C'est pourquoi les postes de ravitaillement sont équipés de compresseurs haute capacité et d'un réservoir de gaz comprimé pour ravitailler rapidement les automobilistes. Même si la compression exige passablement d'énergie, dont le coût est inclus dans le prix à la pompe, la gaz naturel demeure malgré tout plus économique que l'essence.

Les propriétaires de parc de véhicules peuvent faire le plein de leurs véhicules pendant la nuit, grâce à un système à «ravitaillement lent» moins coûteux qui nécessite un taux de compression moins élevé. Un jour, on pourra peut-être faire le plein à même les canalisations qui alimentent les maisons en gaz naturel pour le chauffage. D'ici là, la technologie des compresseurs devra toutefois faire de sérieux progrès.

On peut liquéfier le gaz naturel, ce qui présente certains avantages. Le gaz naturel liquéfié (GNL) occupe un volume six cents fois plus petit que le gaz naturel à

Le propane et le méthane sont obtenus par traitement du gaz naturel. Le gaz naturel est contenu dans les petites pores des roches réservoirs, à des pressions et des températures élevées. Un ensemble de duses, dans la tête de puits, règle le débit de gaz naturel. Lorsque le gaz monte le long du puits, sa pression et sa température chutent. Les hydrocarbures les plus lourds contenus dans le gaz — c'est-à-dire le propane, les butanes et le pentane — commencent alors à se condenser.

Ce procédé se poursuit dans l'usine de traitement du gaz naturel. Les liquides condensés sont récupérés dans les récipients installés à cet effet; en diminuant la température, on recueille d'autres liquides dans le récipient de contrôle du point de rosée. Par la suite, les liquides sont séparés en GPL et en condensats plus lourds, dans l'unité de récupération des hydrocarbures. On désulfure le gaz naturel acide (contenant du soufre) en enlevant le gaz carbonique et l'hydrogène sulfuré, et en récupérant le soufre.



l'état gazeux et il peut être transporté par navire, chemin de fer ou camion; d'ailleurs, le gaz naturel liquéfié est devenu une marchandise commune dans le commerce international. Des travaux de recherche et des projets de démonstration sont actuellement en cours afin de réaliser des véhicules fonctionnant au GNL, mais il faut d'abord résoudre les problèmes techniques associés à ce type de carburant. Par exemple, les techniques modernes d'isolation permettent de maintenir le GNL à des températures inférieures à -161°C pendant de longues périodes. Un véhicule devrait cependant rouler sans arrêt pour éviter que le carburant ne s'évapore à mesure qu'il absorbe la chaleur environnante.

Le propane

Sources

Le propane est tiré du gaz naturel et du pétrole brut ordinaire. Environ 75 à 80 % du propane canadien est tiré du gaz naturel, et le reste provient des raffineries de pétrole.

Le propane n'est pas aussi abondant que le gaz naturel, mais notre production annuelle est suffisante pour nous permettre d'en exporter près de la moitié. Le propane est habituellement employé pour le chauffage résidentiel, la cuisson, le séchage des récoltes, comme charge d'alimentation pétrochimique et comme substance «recyclée» dans le raffinage du pétrole. L'utilisation du propane comme carburant a considérablement augmenté au cours des dernières années et l'on prévoit que cette tendance se maintiendra.

Lorsque le gaz naturel sort du puits, il est habituellement «humide», c'est-à-dire qu'il contient une certaine quantité d'hydrocarbures condensables comme le propane et le butane. On peut employer un certain nombre de méthodes d'extraction, dont le choix dépend de l'âge de l'usine de traitement et des caractéristiques du gaz à traiter. Parmi les méthodes employées, mentionnons l'adsorption dans l'huile, la compression et la cryogénie (c'est-à-dire la réfrigération à très basse température). Dans une usine moderne, on peut extraire jusqu'à 99 % du propane contenu dans le gaz naturel.

Le raffinage du pétrole brut représente une source appréciable de propane. Environ 2 % de tout le pétrole brut traité par les raffineries canadiennes est transformé en pro-

OFFRE ET DEMANDE DE GPL AU CANADA

La production canadienne de propane et de butane est environ le double des besoins nationaux. La plus grande partie de la production excédentaire est exportée aux États-Unis. Le tableau suivant résume les projections les plus récentes en matière de production et de demande.

		1983	1990	2005
		(000 m^3/j)		
Propane	Production	18,7	25,5	18,6
	Demande	10,5	19,2	14,3
Butanes	Production	12,1	15,6	11,2
	Demande	5,2	9,5	7,2

Le propane est utilisé à de nombreuses fins domestiques et agricoles. On l'emploie aussi à la place de l'éthane comme charge d'alimentation pétrochimique et comme agent d'amélioration de la production de pétrole. On l'utilise également de plus en plus comme carburant. Les butanes sont surtout utilisés pour la fabrication de l'essence et comme charge d'alimentation pétrochimique; on peut également les mélanger au propane employé comme carburant.

Les projections ci-dessus prévoient une augmentation importante de l'utilisation du propane comme carburant. Le cas échéant, on peut prévoir que la production nationale sera malgré tout suffisante pour qu'il y ait des surplus exportables.

pane. Ce pourcentage varie selon les raffineries et dépend principalement de l'équipement de la raffinerie, de la composition du pétrole brut et des produits raffinés que l'on veut obtenir. Ce sont les pétroles lourds (pétroles bruts beancoup plus visqueux à l'état naturel que les pétroles habituels) qui donnent les plus grandes quantités de propane — parfois jusqu'à 4 % des charges de départ.

Le raffinage fournit plusieurs qualités de propane. La qualité dépend de la proportion de propane présente dans le carburant. Celle qui convient à l'utilisation du propane comme carburant est conmue sous le nom de HD5, ou qualité n° 1. Dans ce carburant, la concentration de propane en volume est au moins de 90 %. Si la demande de propane carburant continue à croître, on pourrait augmenter l'approvisionnement en propane en assouplissant les exigences relatives à la qualité et en réduisant l'indice d'octane (puisque l'indice d'octane du propane est déjà très élevé). À cette fin, on pourrait utiliser d'autres condensats, comme le butène ou divers butanes, ce qui permettrait de presque doubler la quantité de propane utilisable comme carburant.

PRODUCTION DE GPL EN RAFFINERIE

Le GPL est tiré en grande partie du gaz naturel, mais de 15 à 20 % de nos approvisionnements proviennent du raffinage du pétrole brut. Le raffinage comporte plusieurs procédés qui, globalement, peuvent convertir presque tous les composants du pétrole brut en produits pétroliers utiles. Le premier de ces procédés, la distillation fractionnée, sépare le pétrole brut en ses divers hydrocarbures, appelés «fractions». La distillation met à profit les points d'ébullition différents des divers hydrocarbures. Dans la «colonne de fractionnement», les températures sont élevées au bas et faibles au haut. Les liquides coulent vers le bas, alors que les gaz montent dans la colonne. Chaque hydrocarbure gazeux monte dans la colonne et lorsqu'il atteint sa température de condensation, il redevient liquide et est extrait de la colonne.

Une petite quantité de propane est extraite du haut de la colonne, mais la majeure partie du propane provient du traitement ultérieur des diverses fractions d'hydrocarbures. Divers procédés servent à fabriquer les produits les plus en demande, comme l'essence et le carburant diesel. Tous les procédés qui donnent de l'essence donnent aussi du propane. La quantité de GPL produite par mètre cube de pétrole brut varie selon la complexité de la raffinerie.

Transport

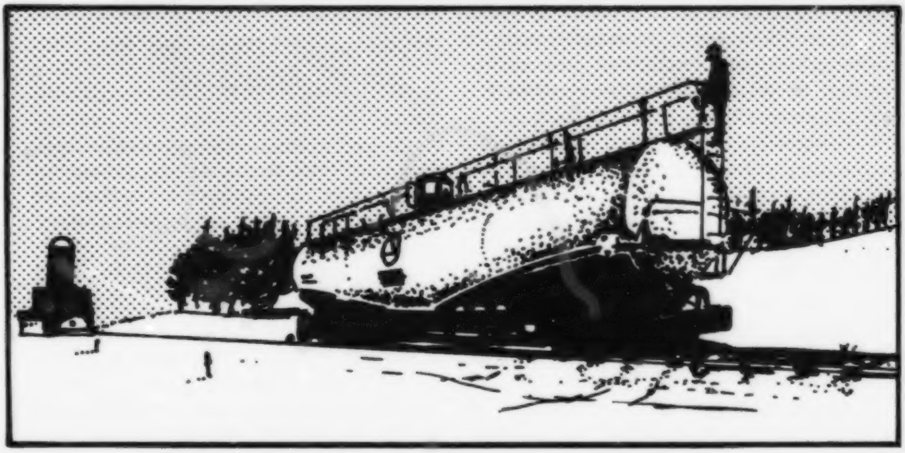
Le propane est stocké sous forme liquide dans des réservoirs pressurisés. On peut ainsi transporter et entreposer de grandes quantités de propane en toute sécurité. On peut également acheminer le propane par gazoduc, comme le gaz naturel, ou encore le transporter par wagons-citernes ou par camion (ce qui est le cas dans l'Ouest). Le système de transport doit desservir un grand nombre de postes de ravitaillement. Par exemple, des usines dites de chevauchement sont construites le long des gazoducs et extraient le propane contenu dans le gaz naturel; ce propane doit lui aussi être acheminé aux postes de ravitaillement.

Aux deux extrémités du réseau de transport, il faut stocker le propane pour en assurer une distribution efficace et faire face aux fluctuations de la demande, laquelle atteint son maximum en hiver. Comme le propane doit être conservé sous pression, les coûts de manutention sont supérieurs à ceux des carburants classiques, tels l'essence.

Livraison à la pompe

Le propane est livré par camion jusqu'aux postes de ravitaillement, où il est stocké sous forme liquide dans de gros réservoirs sous pression. Ces réservoirs sont très souvent des cylindres verticaux de bonne taille, très visibles dans de nombreuses stations-service.

Le plein de propane se fait par l'intermédiaire d'un raccord hermétique afin de pré-



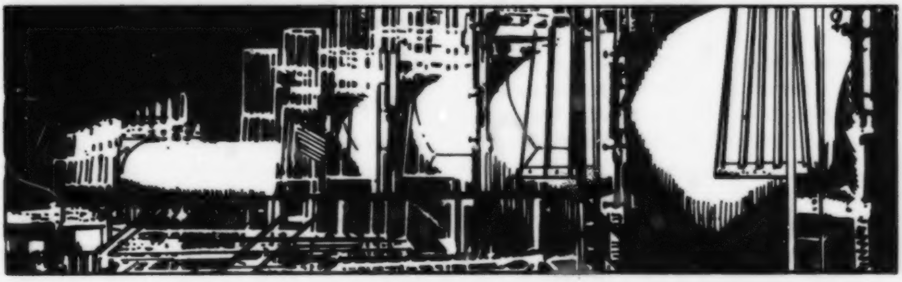
Le transport du GPL s'effectue par gazoduc ou encore par wagon-citerne comme celui qui est illustré ici.

venir toute fuite accidentelle. Un raccord positif placé entre le réservoir de stockage et le réservoir du véhicule empêche l'air de se mélanger au carburant, ce qui accroît la sécurité de l'opération. On doit prendre les mêmes précautions que lorsque l'on fait le plein d'essence : ne pas fumer et couper le contact. Un certain nombre de règles et de normes régissent l'emplacement des réservoirs et la manutention du carburant. Nous aurons l'occasion d'y revenir.

Le gaz naturel synthétique

Le gaz naturel et les sous-produits du pétrole ne sont pas les seuls carburants gazeux. Comme nous l'avons dit précédemment, le méthane, qui est le principal composé du gaz naturel, peut également être fabriqué en usine, d'où le terme «gaz naturel synthétique». On peut employer diverses charges d'alimentation, dont le charbon, la tourbe et la biomasse. Toutefois, il est peu probable que ce carburant

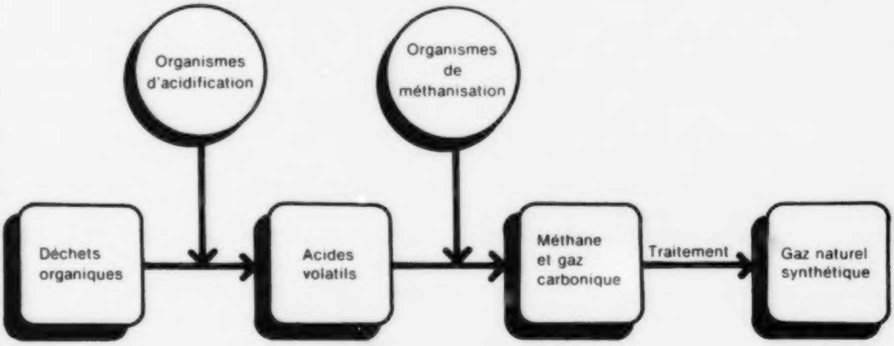
Le gaz de pétrole liquéfié (GPL) est stocké dans de grands réservoirs à la raffinerie et aux points de distribution; on s'assure ainsi que les consommateurs puissent toujours trouver du GPL.



soit très utilisé dans un proche avenir, car son coût de production est beaucoup plus élevé que celui des autres carburants gazeux. En effet, le méthane est produit par gazéification du charbon, procédé qui consomme une quantité appréciable d'énergie. On doit chauffer le gazéificateur et fabriquer de l'hydrogène que l'on ajoute au charbon afin d'accroître le rendement du procédé.

La biomasse est traitée par décomposition anaérobie, c'est-à-dire en l'absence d'oxygène; on obtient ainsi du «biogaz», moins coûteux. Ce gaz peut contenir jusqu'à 75 % de méthane, le reste étant principalement du gaz carbonique. Ce gaz est un bon combustible pour le chauffage, notamment dans les installations municipales de traitement des déchets, mais on doit le traiter avant de l'employer comme carburant. Le procédé de traitement est coûteux et consomme beaucoup d'énergie. Par conséquent, le coût du produit final est actuellement trop élevé pour qu'il puisse concurrencer le gaz naturel ou le propane. La production de biogaz peut toutefois s'avérer concurrentielle et économique dans les régions isolées et éloignées des réseaux de distribution du gaz naturel.

La décomposition anaérobie se fait en deux étapes : l'étape d'acidification où les composés organiques sont scindés en acides organiques; et l'étape de méthanisation où les acides sont transformés en méthane et en gaz carbonique. Il est impossible de transformer toute la biomasse de cette manière. Les matières non décomposées produisent une sorte de boue qui peut servir d'engrais.



UTILISATION DES CARBURANTS GAZEUX

Le propane

La plupart des véhicules peuvent être convertis au propane. Le choix du propane plutôt qu'un autre carburant dépend d'un certain nombre de facteurs, entre autres : la distance habituellement parcourue par les véhicules, la quantité de carburant consommée, le coût du carburant, la durée du véhicule, le coût de la conversion (ou le coût supplémentaire du véhicule si celui-ci est équipé en usine pour rouler au propane).

Le propane convient tout particulièrement aux parcs de véhicules urbains, car ceux-ci roulent beaucoup. Le propriétaire des véhicules récupérera rapidement le coût de la conversion, souvent en un an, grâce aux économies réalisées au chapitre des frais d'exploitation des véhicules. Ces économies sont proportionnelles au nombre de véhicules que possède l'entreprise. Les consommateurs profitent également de ces économies.

La période de récupération dépend de plusieurs facteurs : le prix de base du véhicule, le coût de la conversion, la durée utile du véhicule, la distance parcourue annuellement, l'entretien nécessaires, les taux d'intérêt et le coût du propane par rapport aux autres carburants offerts sur le marché. Certaines provinces offrent une aide financière sous forme de diminution de la taxe routière ou de la taxe de vente, ce qui réduit encore plus la période de récupération. De façon générale, on peut calculer approximativement la période de récupération en multipliant le nombre de kilomètres parcourus par les économies d'énergie au kilomètre.

Ce sont les véhicules de travaux moyens comme les fourgonnettes de service et de livraison qui utilisent principalement le propane, mais celui-ci propulse également des véhicules de toutes les catégories de poids. Certains véhicules lourds, tels les autobus scolaires, se prêtent bien à la conversion. Le propane fait réaliser des économies substantielles aux entreprises de taxi, aux corps policiers et autres organisations dont les automobiles roulent beaucoup. En fait, presque tous les véhicules peuvent être convertis au propane, les seules exceptions étant les vieux véhicules dont la durée utile serait trop courte après la conversion, ainsi que les véhicules qui sont très peu employés ou ceux qui permettent déjà de réaliser des économies substantielles de carburant, notamment les sous-compactes équipées de moteurs quatre cylindres.

Le propane offre d'autres avantages qui n'ont rien à voir au coût, mais dont on profite depuis de nombreuses années. L'industrie utilise depuis longtemps les chariots élévateurs propulsés au propane dans les endroits où les gaz d'échappement des moteurs à essence pourraient être dangereux. Le propane brûle proprement, ne contient pas de plomb et est moins nocif pour la santé ou l'environnement que l'essence ou le carburant diesel. Les propriétaires de maisons mobiles et de camionnettes de camping emploient depuis un certain temps déjà le propane pour faire fonctionner les appareils ménagers équipant leur véhicule.

Utilisation du gaz naturel comme carburant

Le gaz naturel ne concurrence pas encore le propane sur le marché des carburants. Mais c'est une ressource naturelle abondante au Canada et, un jour peut-être, les conducteurs

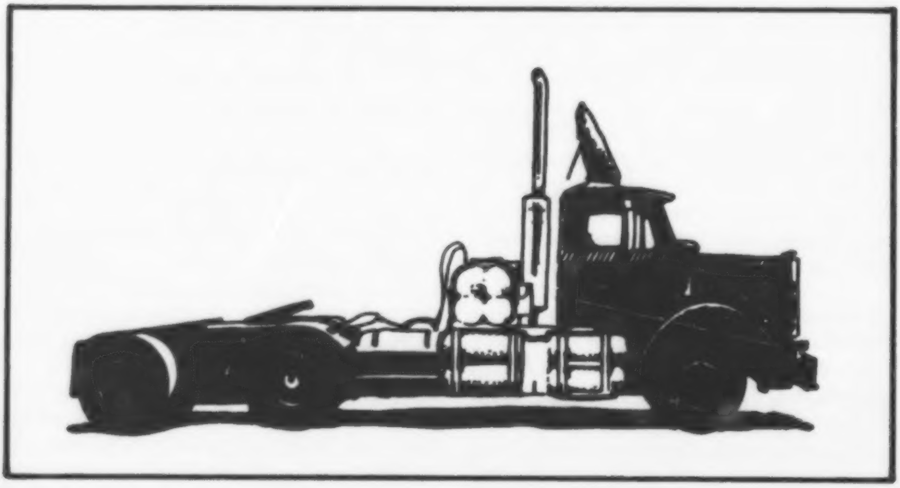
pourront faire le plein de gaz naturel aussi aisément qu'avec l'essence ou le carburant diesel.

Toutefois, l'emploi du gaz naturel est limité actuellement par le nombre restreint de postes de ravitaillement et par le coût élevé de la conversion des véhicules. Les installations de ravitaillement coûtent cher, car il faut comprimer fortement le gaz naturel au point de vente. C'est évidemment dans les grands centres urbains, là où la demande est forte, que l'on retrouve le plus grand nombre de postes de ravitaillement en gaz naturel. Par ailleurs, le consommateur n'a pas à se soucier de la continuité de l'approvisionnement, car le gaz naturel est distribué par un réseau de gazoducs qui s'étend de la Colombie-Britannique au Québec.

Dans les endroits où il existe des infrastructures de ravitaillement en gaz naturel, les propriétaires de parc de véhicules sont de plus en plus nombreux à utiliser ce carburant. À Vancouver, on retrouve des postes de ravitaillement privés et publics, et le gaz naturel est un carburant de plus en plus populaire. Il propulse déjà certains véhicules des services publics provinciaux. Certaines entreprises de taxi utilisent le gaz naturel dans leurs automobiles. Tout comme dans le cas du propane, les véhicules de service ou de livraison qui roulent beaucoup en milieu urbain sont les meilleurs candidats à la conversion au gaz naturel. En outre, les véhicules qui retournent en fin de journée à un garage central peuvent y être ravitaillés en gaz durant par un système à «ravitaillement lent», ce qui représente un avantage économique certain. Les véhicules sont habituellement convertis à l'alimentation double. En effet, on installe un système d'alimentation en gaz naturel, mais on laisse en place le système d'alimentation en essence, en raison de l'autonomie limitée d'un véhicule au gaz naturel et du nombre restreint des postes de ravitaillement. Le système à l'essence joue donc un rôle d'appoint.

Au début des années 1980, il y avait peu de véhicules particuliers qui roulaient au gaz naturel. Cette situation change progressivement, à mesure que les points de vente se font plus nombreux dans les grandes régions urbaines. Par ailleurs, peu de véhicules de service moyen ou dur ont été convertis au gaz naturel. Le poids des cylindres de stockage peut représenter un problème pour les véhicules qui consomment des quantités impor-

Camion propulsé au gaz naturel. Le gaz est stocké dans des cylindres sous pression. Les cylindres illustrés ici contiennent chacun 60 L de gaz naturel.



tantes de carburant, mais qui ont besoin de toute leur charge utile. Malgré ce problème, de nombreux transporteurs urbains estiment que le gaz naturel constitue une option de plus en plus intéressante à mesure que le réseau des postes de ravitaillement se développe. Le gaz naturel est déjà un carburant très populaire pour les autobus scolaires. Comme ceux-ci font habituellement de courts trajets, la faible autonomie fournie par le gaz naturel n'est pas un inconvénient. La perte d'espace et de charge utile ne pose également pas de problème.

L'effet net d'un système à double alimentation est une plus grande autonomie pour le véhicule. Il faut cependant modifier légèrement l'allumage du moteur lorsqu'on alterne entre des carburants de nature aussi différente que le gaz naturel et l'essence. Un sélecteur installé sur le tableau de bord permet de passer d'un carburant à l'autre et de régler l'allumage. Ces ajouts sont visibles sur les véhicules conçus pour l'essence, mais les progrès techniques les rendront inutiles sur les véhicules conçus en fonction des carburants gazeux.

Il est possible également de convertir les moteurs diesel pour qu'ils fonctionnent uniquement au gaz naturel, mais cette conversion nécessite d'importantes modifications. Une solution très simple consiste à employer simultanément les deux carburants. Ce mélange peut être constitué jusqu'à 93 % de gaz naturel, mais il faut y ajouter une quantité minimale de carburant diesel pour amorcer la combustion. Les moteurs à alimentation mixte deviendront sans doute de plus en plus populaires, car, à l'heure actuelle, la qualité du carburant diesel diminue alors que son coût augmente. Ils conviendront particulièrement aux véhicules de poids moyen et aux poids lourds, en raison de l'entretien professionnel dont ils font l'objet.

L'emploi du gaz naturel n'est cependant pas limité aux seuls véhicules routiers. Les entreprises de transport maritime et ferroviaire utilisent le gaz naturel pour faire fonctionner leurs gros moteurs diesel. Par exemple, B.C. Ferries envisage de convertir autant que neuf de ses traversiers pour qu'ils puissent fonctionner à l'alimentation double. On remplacera ainsi par le gaz naturel de 90 à 95 % du carburant diesel actuellement consommé par les traversiers. D'ici la fin de la décennie, si tous les neuf traversiers sont convertis, le gaz naturel remplacera annuellement quelque 55 millions de litres de carburant diesel.

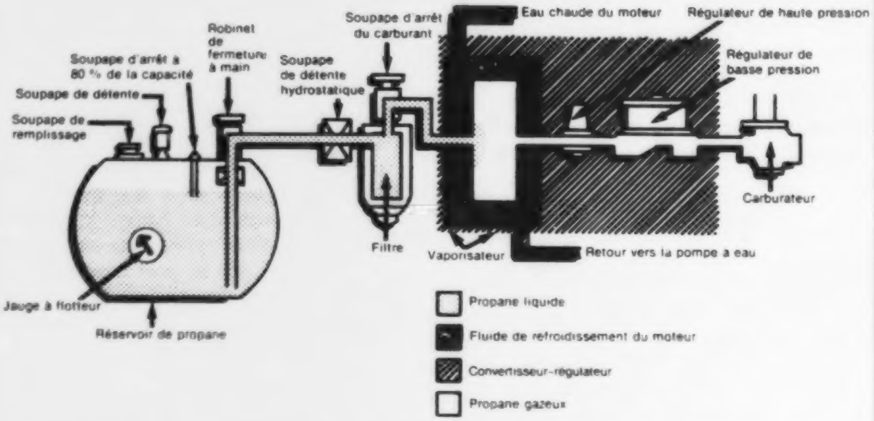
Un autre domaine intéressant pour le gaz naturel est la conversion des véhicules agricoles. Le Conseil de recherche de la Colombie-Britannique a converti un tracteur de ferme équipé d'un moteur John Deere pour qu'il puisse fonctionner à l'alimentation mixte. Grâce à un régulateur électronique commandé par microprocesseur et un dispositif d'injection pilote, le gaz naturel peut remplacer de 80 à 85 % du carburant diesel consommé par le moteur au cours d'un cycle complet de travail.

Le gaz naturel synthétique

Le biogaz produit par digestion anaérobie contient du méthane que l'on utilise notamment pour le chauffage des locaux ou le séchage des récoltes. Ces utilisations sont particulièrement rentables lorsque le gaz est un sous-produit de la biomasse agricole ou du traitement des déchets dans les usines municipales. L'impureté relative du biogaz rend sa combustion inefficace, mais ce problème est tolérable si le coût du biogaz est faible et si le moteur ou la chaudière peut être modifié en fonction des particularités du gaz. Toutefois, le méthane tiré du charbon, de la tourbe ou de substances organiques n'est guère utile comme carburant, et il est peu probable qu'il soit employé à cette fin dans un proche avenir.

Conversion au propane

La conversion au propane comporte deux étapes : (i) l'installation d'un système d'alimentation adapté au moteur; et (ii) la modification du système d'allumage et de carburation de façon que le moteur puisse fonctionner de façon optimale. Avant de convertir un véhicule au propane, un mécanicien devrait analyser l'état du moteur. Bien entendu, on ne doit pas s'attendre à ce que l'emploi du propane règle les problèmes mécaniques qui peuvent exister avant la conversion.



Système de ravitaillement au propane. Le propane liquide est stocké dans un réservoir pressurisé protégé par la structure du véhicule. Le débit du propane est réglé par une série de soupapes. Une jauge à flotteur indique approximativement la quantité de carburant dans le réservoir, alors que la soupape de détente permet au gaz de s'échapper si la pression devient trop élevée dans le réservoir. La soupape d'arrêt permet au carburant de passer au vaporisateur uniquement lorsque le moteur fonctionne ou est mis en marche.

Le vaporisateur transforme le propane liquide en gaz en le faisant circuler à travers un échangeur de chaleur et un réducteur de pression; le propane qui arrive du réservoir est réchauffé par la chaleur dégagée par le circuit de refroidissement du véhicule. La pression du propane est ensuite réduite dans le régulateur de haute pression. Le régulateur de basse pression règle le débit de propane gazeux passant du vaporisateur au carburateur. Ce dernier règle le mélange air-carburant de la même façon que dans un moteur à essence.

Les organismes responsables ont adopté des normes sur la fabrication des pièces et les procédures d'installation, avec le consentement de toutes les parties intéressées. Tous les règlements provinciaux et territoriaux sont fondés sur ces normes, avec quelques modifications au besoin. En outre, la plupart des provinces exigent qu'une étiquette décrivant les caractéristiques et les restrictions du véhicule soit apposée sur le véhicule avant que le propriétaire ne soit autorisé à faire le plein de propane. La conversion au propane doit être effectuée par des mécaniciens qualifiés et habilités par leur province à effectuer ce genre de travaux.

Les principaux organes d'un système de carburation au propane sont décrits dans les paragraphes suivants.

Stockage du carburant

Le propane est contenu à l'état liquide dans un réservoir pressurisé. La loi exige que le réservoir soit rempli à seulement 80 % de sa capacité, afin de permettre la vaporisa-

tion et la dilatation du propane lorsque la température ambiante augmente. Le réservoir est construit de façon à résister à de fortes pressions et il est muni de dispositifs de sécurité qui le rendent extrêmement résistant aux collisions. De par sa conception, le réservoir de propane est plus lourd que le réservoir d'essence, mais ce poids supplémentaire est en partie compensé par le poids plus léger du propane.

Les réservoirs de propane sont dotés d'un certain nombre de soupapes et de dispositifs qui commandent le débit de propane, relâchent l'excédent de pression et facilitent le ravitaillement. Certains provinces exigent que ce soit le pompiste qui fasse le plein de propane. Dans les endroits où le libre-service est permis, la personne qui fait le plein doit porter des gants afin d'éviter de se «brûler» en cas de fuites de propane liquide (en effet, le propane liquide se vaporise rapidement en gaz, ce qui provoque un gel intense ressenti comme une «brûlure»).

Conduite d'alimentation, soupape d'arrêt et filtre

La soupape d'arrêt est installée dans la conduite de carburant de sorte que le propane liquide s'écoule seulement lorsque le moteur est mis en marche ou qu'il fonctionne. Le filtre retient toutes les impuretés qui peuvent se trouver dans le carburant.

Convertisseur-régulateur

Le propane liquide, stocké dans le réservoir, se déplace vers un vaporisateur-régulateur de pression à deux étages, souvent appelé convertisseur. Ce dispositif vaporise le propane liquide en faisant office de réducteur de pression et d'échangeur de chaleur. Le carburant liquide se vaporise lorsqu'il est soumis à une pression moindre dans le régulateur primaire. Également, le liquide de refroidissement du moteur qui circule autour de la chambre de vaporisation fournit la chaleur nécessaire à la vaporisation du propane liquide. Le régulateur secondaire réduit encore plus la pression et règle la quantité de gaz admise dans la carburateur.

Carburateur-doseur de gaz ou adaptateur de carburateur

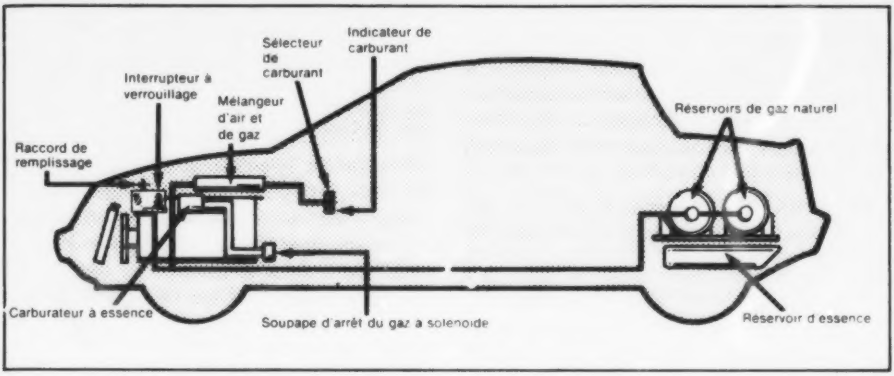
La carburation est le processus qui assure le mélange équilibré de l'air et du carburant à tous les régimes, sous toutes les charges du moteur, et lors du démarrage et du réchauffement. Compte tenu des propriétés du propane, il faut remplacer le carburateur d'un moteur à essence ou le modifier. En effet, l'essence est un carburant liquide qui doit être mélangé à l'air et vaporisé avant l'allumage. Par contre, le propane entre déjà dans le système de carburation sous forme de gaz; on peut donc employer un système de carburation plus simple. Par exemple, on n'a pas besoin de volet de départ ou de pompe de reprise.

Dans un moteur à allumage par étincelle, les propriétés combustibles du propane diffèrent de celles de l'essence. Il se peut donc que l'on doive modifier le point d'allumage d'un moteur à essence lors de sa conversion au propane. De nombreux autres facteurs peuvent également influencer le réglage de l'allumage (p. ex., la température de l'air et la richesse du mélange carburant). Il n'existe pas de règles fixes concernant la modification de l'allumage pour une combinaison donnée de moteur et de véhicule. À maintes reprises, on a trouvé que le calage de l'allumage employé pour le moteur à essence offrait un compromis raisonnable entre rendement et sécurité. Dans les véhicules à alimentation mixte, la courbe de l'avance à l'allumage n'est pas modifiée de façon notable.

Si la conversion est réalisée correctement, la puissance maximale du moteur devrait être à peine réduite par rapport à la carburation à l'essence. Cette perte de puissance est attribuable à une réduction de la quantité d'air disponible pour la combustion, car la propane gazeux remplace une partie de l'air d'admission. Ce problème sera réglé éventuellement par l'injection directe du carburant dans les cylindres.

Conversion des véhicules au gaz naturel

La conversion au gaz naturel ressemble dans ses grandes lignes à la conversion au propane. On peut employer l'alimentation double



Système à alimentation double (essence-gaz naturel). Presque tous les véhicules roulant au gaz naturel sont en fait munis d'un système de ce type. Le gaz naturel seul donne une autonomie limitée et son réseau de distribution n'est pas aussi répandu que celui du propane.

essence-gaz naturel. Cela ne signifie pas toutefois qu'on peut employer avec le gaz naturel le matériel utilisé pour le propane. Ce qui différencie les deux carburants, c'est leur pression de fonctionnement, laquelle est beaucoup plus élevée dans le cas du gaz naturel. De plus, le gaz naturel nécessite un matériel beaucoup plus robuste, bien que les pièces soient similaires à celles utilisées avec le propane pour ce qui est du ravitaillement, du stockage, de l'alimentation, de la régulation, du choix du carburant et de la carburation.

Un véhicule au gaz naturel doit comporter les pièces suivantes.

Réservoir

Les réservoirs approuvés pour les véhicules sont fabriqués en acier très résistant ou en filaments d'aluminium enroulés, et ils sont fabriqués de façon à pouvoir contenir l'équivalent de 6 à 20 L d'essence. On peut installer un seul ou plusieurs réservoirs, au besoin. Pour être approuvés, les réservoirs doivent résister à une pression nominale de 25 mégapascals (MPa) et à une pression d'épreuve de 70 MPa.

Les réservoirs sont fixés au véhicule au moyen d'un cadre, de supports et de sangles, le plus souvent dans le coffre arrière s'il s'agit d'une voiture, ou sur le plancher derrière les sièges, s'il s'agit d'une fourgonnette. Le réservoir peut aussi être fixé sous le véhicule, entre les longerons.

Conduites d'alimentation

Toutes les conduites d'alimentation qui relient le réservoir au régulateur de pression doivent être fabriquées en acier pouvant résister à de fortes pressions. Les conduites doivent être installées de façon à minimiser la tension et les risques d'endommagement, et elles ne doivent pas passer à l'intérieur de l'habitacle du véhicule.

Régulateur de pression

Le régulateur de pression sert à réduire, en deux étapes, la pression du gaz provenant du réservoir et à en commander le débit avant l'arrivée au doseur air-carburant, lequel est relié au carburateur d'origine. Le circuit d'alimentation mixte peut comprendre un certain nombre de pièces dont l'assemblage varie selon chaque véhicule. Il peut s'agir aussi d'un assemblage intégré dont la seule partie externe est l'injecteur relié au carburateur existant.

Un régulateur de pression peut comporter les pièces suivantes :

- deux réducteurs de pression (un primaire et un secondaire) qui maintiennent à une pression faible et constante le gaz, dont la pression à l'intérieur du cylindre est variable;
- un réducteur de pression tertiaire qui commande le débit du gaz en fonction du vide du moteur;
- un dispositif électrique de préallumage qui facilite le démarrage à froid;
- une soupape électrique (à solénoïde) d'arrêt de l'alimentation en essence;
- une soupape électrique d'arrêt de l'alimentation en gaz naturel.

Mélangeur air-carburant

Un mélangeur d'air est relié au carburateur afin de régler le mélange air-carburant qui sera brûlé dans le moteur.

Le front de combustion du gaz naturel se propage plus lentement que celui de l'essence. On doit donc avancer l'allumage du gaz naturel pour atteindre la «pression effective moyenne» maximale dans la chambre de combustion. Le rôle du mélangeur est double. En premier lieu, il réduit les pertes de puissance et il accroît le rendement lorsque le véhicule roule au gaz naturel. En second lieu, il réduit le cognement lorsque le véhicule roule à l'essence.

On peut munir les véhicules à alimentation mixte d'un dispositif électronique d'avance de l'allumage. Celui-ci maintient l'avance lorsque le moteur brûle de l'essence et la modifie lorsque le moteur utilise le gaz naturel.

Raccord de remplissage

Le raccord de remplissage comprend les pièces suivantes :

- un interrupteur à verrouillage qui empêche le démarrage au cours du remplissage;
- une soupape qui rétablit automatiquement l'étanchéité du système une fois le remplissage terminé;
- un dispositif de sûreté pour prévenir une pression excessive;
- un bouchon de protection anti-poussière.

Sélecteur de carburant

Un sélecteur de carburant est fixé au tableau de bord, à la portée du conducteur. Celui-ci peut ainsi passer aisément d'un carburant à l'autre, sans devoir immobiliser le véhicule ou arrêter le moteur. En outre, une jauge auxiliaire indique le volume de gaz naturel dans le réservoir.

Alimentation double

Le gaz naturel et le propane peuvent tous deux être utilisés avec l'essence dans des moteurs à alimentation double. Le conducteur peut alors choisir de rouler à l'essence ou au carburant gazeux (propane ou gaz naturel, selon le cas). Comme nous l'avons déjà mentionné, on utilisera l'alimentation double avec le gaz naturel, car l'on dispose alors d'une plus grande autonomie, et aussi parce que certaines régions sont presque dépourvues de postes de ravitaillement. Par ailleurs, le propane est vendu un peu partout, et il procure une autonomie égale ou supérieure à celle fournie par l'essence. Par conséquent, l'automobiliste ne doit pas se fonder sur le seul critère de l'autonomie lorsqu'il choisit entre l'alimentation double et la carburation au propane seulement.

Un véhicule qui peut fonctionner également bien avec deux carburants coûte cher. Par conséquent, l'alimentation double doit être le fruit de certains compromis. Elle offre malgré tout certains avantages. On ne court pas le risque de la panne sèche s'il n'y a pas de poste de ravitaillement, et l'on peut utiliser le carburant le plus économique. Les véhicules à alimentation double peuvent démarrer et rouler avec l'un ou l'autre carburant. Convertir un véhicule à l'alimentation double coûte habituellement la même chose ou à peine plus que la conversion au gaz naturel ou au propane seulement, à moins que le réservoir d'essence ne constitue un obstacle et qu'il faille le déplacer afin de loger les nouveaux réservoirs, ce qui occasionne des frais supplémentaires.

Toutefois, l'alimentation double présente certains problèmes. Le rendement et les économies de carburant sont habituellement inférieurs à ceux que l'on obtient avec le propane ou l'essence. Cela est attribuable en partie au poids combiné des deux systèmes d'alimentation. Les frais d'entretien seront probablement supérieurs à ceux d'un véhicule à l'essence ou au propane, sans parler des problèmes possibles dus à l'interaction des deux systèmes. De surcroît, un véhicule converti à l'alimentation double par le fabricant doit respecter certaines normes relatives aux gaz d'échappement produits par la combustion de l'essence. On ne peut pas modifier la carburation et l'allumage pour mieux convenir aux caractéristiques des carburants gazeux, car cela aurait pour effet d'accroître de façon inacceptable la quantité de gaz d'échappement dus à l'essence. Ainsi, le moteur offre un rendement légèrement inférieur lorsqu'il utilise le carburant gazeux.

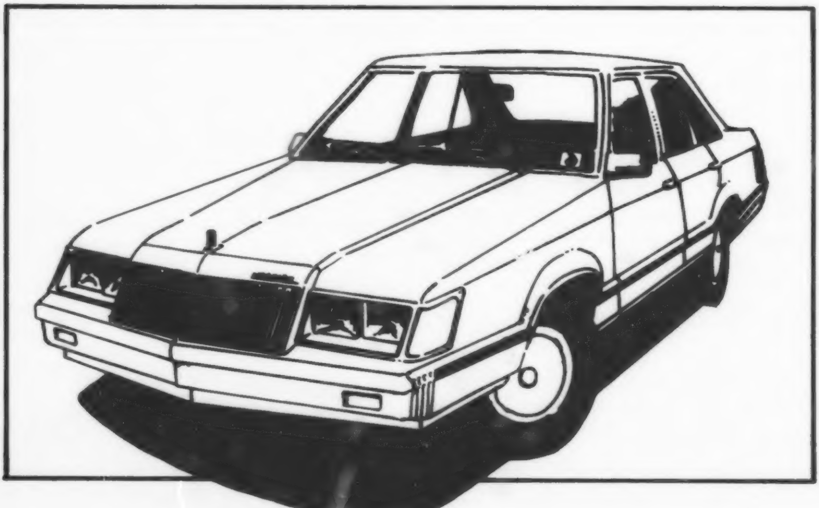
L'alimentation double est intéressante pour l'automobiliste qui se soucie du ravitaillement en carburant gazeux. L'automobiliste a également l'occasion de déterminer si ses habitudes de conduite conviennent à l'utilisation du carburant gazeux uniquement.

Véhicules au gaz fabriqués en usine

Depuis quelques années, les fabricants d'automobiles offrent certains modèles de véhicules équipés pour rouler au propane. Comme le nombre de ces véhicules est restreint, on continuera probablement à concevoir la plupart des moteurs en fonction de l'essence. On doit tenir compte des contraintes économiques et techniques lorsqu'on modifie des véhicules en fonction du propane. Les véhicules fabriqués pour rouler au gaz naturel n'ont pas fait l'objet d'autant de travaux de recherche et de démonstration que les véhicules au propane, bien qu'on ait fabriqué un certain nombre de véhicules au gaz naturel (par exemple, Ford a assemblé 27 camions Ranger au gaz naturel). Malgré cela, les caractéristiques idéales d'un véhicule au gaz naturel sont bien définies. Le moteur devra avoir un taux de compression plus élevé afin de tirer profit de la qualité supérieure du carburant, et des réservoirs appropriés devront être incorporés au véhicule.

En installant à l'usine même le matériel nécessaire à l'alimentation en carburant gazeux, le fabricant peut modifier le moteur afin d'en accroître le rendement. L'augmen-

Les véhicules équipés en usine pour rouler au propane sont maintenant offerts en quelques modèles.



tation du taux de compression permet de réduire la consommation de carburant et d'accroître la puissance. Les propriétés anticognement des carburants gazeux autorisent justement l'augmentation du taux de compression au-delà de ce qui est permissible avec l'essence. Dans la plupart des cas, on peut augmenter légèrement ces taux sans avoir à redessiner entièrement le moteur. Il suffit de réduire le volume de la chambre de combustion. L'augmentation du taux de compression dépend toutefois de la conception du moteur ou de l'outillage de la chaîne de montage. Ces deux facteurs peuvent en effet limiter la faisabilité technique ou économique de l'augmentation du taux de compression. Les fabricants doivent également s'assurer de ne pas sacrifier la durabilité du moteur à l'augmentation du taux de compression.

La plupart des travaux de recherche sur l'alimentation au propane visent à améliorer les dispositifs de carburation. Les fabricants de carburateurs hésitent à faire les gros investissements requis pour la production de carburateurs de conception entièrement nouvelle. La plupart des améliorations sont en fait des modifications ou des ajouts aux carburateurs existants.

Les travaux sur les systèmes de carburation de propane se poursuivent activement. L'avantage principal de ces systèmes serait d'accroître la puissance du moteur de 10 % par rapport à la carburation classique. La technique des systèmes d'injection en point unique (aussi appelée injection au papillon) est presque mûre. On travaille également sur l'injection multiple. Cette dernière technique permet d'injecter le carburant directement dans chaque cylindre. Plus efficace, elle est néanmoins plus coûteuse en raison des pièces supplémentaires requises, dont les injecteurs.

Les fabricants de systèmes de carburation au propane et les fabricants de véhicules peuvent travailler ensemble afin d'établir les caractéristiques des pièces, selon leurs besoins particuliers. De cette façon, ils optimisent le rendement des moteurs et des véhicules au propane. La plupart des fabricants nord-américains offrent des véhicules modifiés en usine pour rouler au propane. Il en sera de même éventuellement pour le gaz naturel.

Les véhicules fabriqués en vue des carburants gazeux présentent des avantages certains. Pour obtenir des taux de compression élevés, on peut employer des matériaux plus

Il est presque impossible de faire la distinction entre les véhicules équipés en usine pour rouler au propane et les véhicules à essence.

durables pour les soupapes et les segments. Les fabricants peuvent intégrer au véhicule tout le système de stockage et de distribution, ce qui donne plus d'espace pour les réservoirs, assure un meilleur freinage et une meilleure tenue de route, et procure une meilleure répartition du poids. Le rendement accru du véhicule se traduira par une baisse des frais d'exploitation. Comme le véhicule est modifié par le fabricant, l'acheteur a moins de souci à se faire quant au service après-vente et à la garantie.

Systèmes gaz-diesel

Combiner carburant diesel et carburant gazeux (propane ou gaz naturel) a représenté tout un défi technique. Dans le moteur à essence, le mélange air-essence est admis dans la chambre de combustion, il est comprimé et il est ensuite allumé par une étincelle. Dans un moteur diesel, seul l'air est comprimé et le carburant diesel est injecté uniquement lorsque l'air est comprimé au maximum. Le carburant est allumé par la température élevée de cet air fortement comprimé. Ce procédé est d'ailleurs appelé allumage par compression.

L'emploi du gaz naturel dans les moteurs diesel est limité par rapport aux moteurs à essence, et ce, pour plusieurs raisons. Notamment, le gaz naturel ne se prête pas à l'allumage par compression. Malgré cette difficulté, on a réussi au cours des dernières années à employer expérimentalement le gaz naturel dans les moteurs diesel.

Il y a trois façons principales d'employer les carburants gazeux dans un moteur diesel, à savoir :

- alimentation double gaz-diesel (propane ou gaz naturel);
- alimentation au gaz naturel avec injection pilote;
- alimentation au gaz naturel ou au propane uniquement.

Alimentation double gaz-diesel

Dans un moteur utilisant ce type d'alimentation, la pompe d'injection est modifiée afin de réduire (habituellement de 30 à 40 %) la quantité maximale de carburant diesel injectée dans les cylindres à pleine charge. Afin de remplacer le carburant diesel manquant, le gaz naturel ou le propane est mélangé à l'air admis. La quantité de carburant diesel injectée dans les cylindres est réglée par la vitesse de la pompe d'injection, vitesse qui dépend de la charge et du régime du moteur. La quantité de gaz naturel ou de propane envoyée aux cylindres doit également être réglée selon le régime et la charge du moteur, sinon une alimentation incorrecte pourrait endommager le moteur.

L'alimentation double gaz-diesel présente certains avantages, car le moteur nécessite peu de modifications et il peut être équipé des dispositifs requis après l'achat du véhicule. En outre, le moteur fonctionne efficacement à tous les régimes et sous toutes les charges. Si le conducteur ne trouve pas de gaz naturel ou de propane, il peut rouler au carburant diesel uniquement et disposer de la pleine puissance du moteur ou d'une puissance partielle (70 %).

Alimentation au gaz naturel avec injection pilote

Dans l'injection pilote, de 80 à 90 % du carburant diesel est remplacé par le gaz naturel, et la quantité restante de carburant diesel sert à amorcer la combustion du gaz. Comme ce type d'alimentation nécessite peu de modifications au moteur, celui-ci peut être équipé des dispositifs requis après l'achat du véhicule. Il est toujours possible de retourner rapidement au carburant diesel, même si celui-ci est remplacé en grande partie par le gaz naturel. Avec ce mode d'alimentation, l'automobiliste dépend toutefois davantage du gaz naturel, et son moteur fournira un rendement moindre aux faibles charges.

Conversion d'un moteur diesel à l'allumage par étincelle

Rentable et techniquement faisable pour certains moteurs diesel qui doivent toutefois subir des modifications importantes, ce type de conversion offre plusieurs avantages, notamment : réduction des gaz d'échappement et des bruits du moteur, maintien ou

accroissement de la durée utile du moteur (laquelle est habituellement longue pour les moteurs diesel).

Certains fabricants européens de moteurs produisent déjà des moteurs au propane ou au gaz naturel à partir de bloc-cylindres diesel. On doit toutefois se rappeler que le véhicule ainsi modifié devient entièrement dépendant du carburant gazeux utilisé. Ce type de conversion est utile seulement si l'on est assuré des approvisionnement en carburant gazeux, si l'on veut utiliser uniquement ce type de carburant et si l'on ne doit pas retourner au carburant diesel.

Le gaz naturel liquéfié

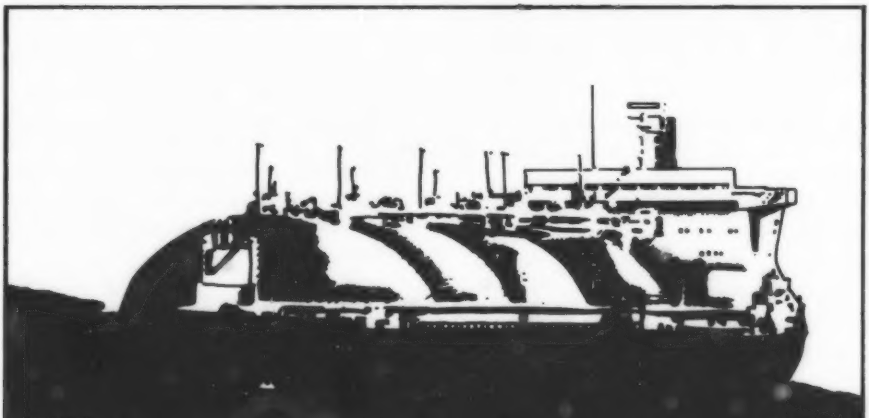
Le gaz naturel liquéfié (GNL) a été employé comme carburant au Canada à titre expérimental seulement. Il s'agit cependant d'un produit répandu au pays et certaines sociétés de gaz liquéfient le gaz naturel pour le stocker en prévision des périodes de pointe.

À température normale, le gaz naturel ne se liquéfie pas même s'il est conservé sous pression. La liquéfaction survient à la température de -161°C. Mais on peut facilement atteindre cette température et la maintenir dans les réservoirs (il existe actuellement des réservoirs qui peuvent conserver le GNL pendant dix jours sans aucune perte), mais cela entraîne évidemment des frais supplémentaires.

Le moteur doit être équipé d'un système de carburation analogue à celui employé avec le gaz naturel. Le GNL est un carburant intéressant, car il offre une autonomie raisonnable sans occuper trop d'espace, à la différence du gaz naturel.

Le système de ravitaillement en GNL est muni de raccords rapides autoobturants, comme ceux que l'on emploie depuis de nombreuses années dans les systèmes à oxygène liquide. Ce système comporte deux raccords (un raccord de remplissage et un raccord d'aération et de détente), à la différence du système de ravitaillement en propane ou en gaz naturel qui n'en compte qu'un seul. Le GNL est transvasé par le premier raccord dans le réservoir du véhicule. Le gaz naturel qui s'y vaporise retourne par le second rac-

Des méthaniers transportent le gaz naturel liquéfié partout dans le monde. Quelque 60 méthaniers desservent les terminaux de liquéfaction et de regazéification sur tous les continents.



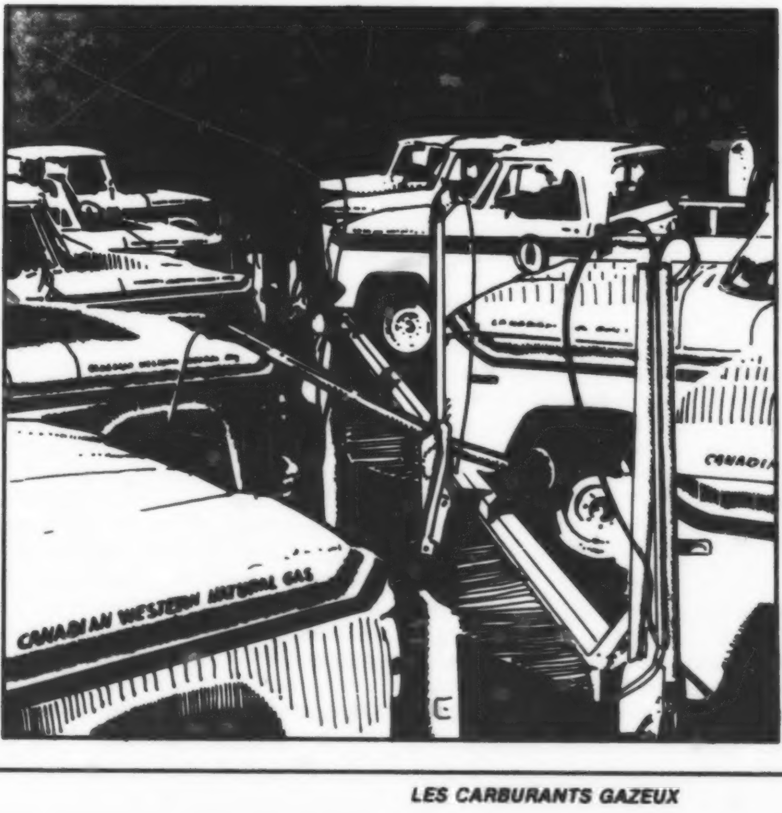
cord dans les réservoirs de stockage ou dans un système d'élimination des vapeurs.

Le gaz naturel liquéfié peut circuler de deux façons dans le système de ravitaillement : sous l'effet d'une pression modérée dans le réservoir de stockage, ou par pompage. Les deux modes de circulation emploient du matériel de refroidissement qui fonctionne selon les mêmes principes que les réfrigérateurs domestiques, mais à des pressions plus élevées et avec des réfrigérants différents.

Comme avec tout autre carburant, la sécurité est un élément crucial de l'utilisation du GNL. Les progrès et les techniques en matière de sécurité sont bien illustrés par les installations de GNL exploitées par les sociétés de gaz et les exportateurs de GNL. Des normes internationales réglementent la construction et l'exploitation de ces installations, lesquelles possèdent un excellent dossier au chapitre de la sécurité. Elles sont équipées de dispositifs de surveillance qui détectent rapidement toute fuite, de systèmes de confinement des fuites et de systèmes intégrés de lutte contre les incendies, en cas d'accidents graves.

Bien que les installations plus modestes employées pour le ravitaillement des véhicules

Parc de camions au gaz naturel dans une installation de «ravitaillement lent». Les parcs de véhicules se prêtent particulièrement bien à l'introduction des nouveaux carburants, car les sociétés qui exploitent de tels parcs possèdent leurs propres installations de ravitaillement. Le gaz naturel convient aux parcs de véhicules, car on peut réaliser des économies en ayant recours à un système de remplissage lent durant la nuit.



ne présentent pas les dangers inhérents aux grosses installations, on doit néanmoins prendre les mêmes précautions qu'avec les autres carburants liquides et gazeux.

AIDE POUR LA CONVERSION

Pour qu'un nouveau carburant puisse percer sur le marché, il faut d'abord régler plusieurs problèmes presque simultanément. Les conducteurs ne feront pas modifier leurs véhicules si le carburant est difficile à obtenir, et les distributeurs ne vendront pas un carburant s'il n'existe pas encore de marché. Les fabricants ne produiront pas de véhicules pour lesquels il n'y a pas de demande, et les organismes de réglementation n'élaboreront pas des normes pour des problèmes qui n'ont pas encore été rencontrés.

Les divers gouvernements ont offert et offrent encore différentes formes d'aide afin d'accélérer la conversion des véhicules, l'implantation des postes de ravitaillement et la fabrication de véhicules pouvant rouler efficacement avec les carburants de remplacement.

Le gouvernement fédéral a offert des subventions pour la conversion des véhicules. Elles ont d'abord visé la conversion au propane; le gouvernement a cessé d'accorder ces subventions en mars 1985. Les subventions ont par la suite été étendues au gaz naturel et celles-ci se termineront en mars 1987. Le gouvernement fédéral a également offert des subventions afin d'encourager l'expansion du réseau de distribution du gaz naturel pour les véhicules. Certains gouvernements provinciaux ont diminué la taxe de vente ou la taxe routière pour les véhicules aux carburants gazeux, et ils ont également réduit la taxe sur ces carburants.

En plus de ces subventions, les gouvernements et l'industrie ont investi des sommes importantes dans la recherche, les essais sur route, l'élaboration de normes et l'éducation des consommateurs. Toutes ces initiatives visent à faire connaître les carburants gazeux et à assurer leur meilleure utilisation possible.

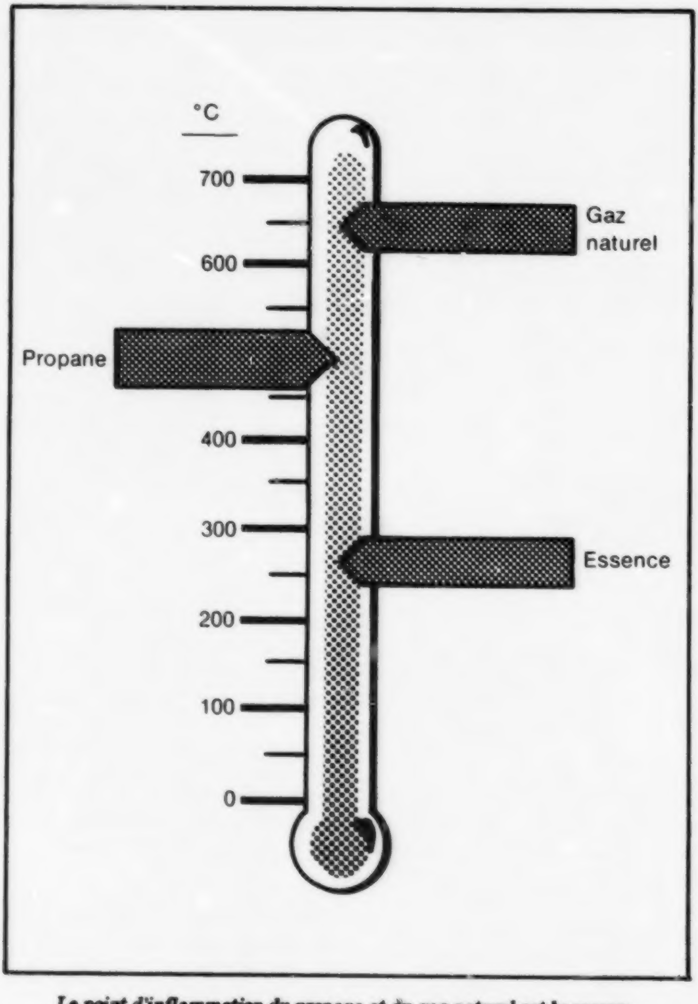
Sécurité du gaz naturel et du propane

Le gaz naturel et le propane ne sont pas toxiques, mais ils peuvent provoquer l'asphyxie en nuisant au cheminement de l'oxygène vers les poumons. Un additif odorant est incorporé aux carburants gazeux. L'odeur particulière qui se dégage des fuites permet ainsi de les déceler même en concentrations minimes, à un niveau bien inférieur aux concentrations pouvant provoquer l'asphyxie.

Pour mieux comprendre les conséquences des fuites de gaz naturel et de propane, ainsi que les dangers de combustion ou d'explosion, comparons ces deux carburants à l'essence. Le propane est à peine plus lourd que l'air et le gaz naturel est plus léger. Un léger déplacement d'air disperse et dilue rapidement le propane, alors que le gaz naturel se disperse immédiatement une fois libéré. Par contre, les vapeurs d'essence sont quatre fois plus lourdes que l'air et s'accumulent rapidement en concentrations explosives si l'air est stagnant. De surcroît, l'essence liquide reste au sol et peut accroître la concentration de vapeurs ou alimenter la combustion. Le propane, tout comme l'essence, peut constituer un danger si les fuites se produisent dans un endroit non aéré, par exemple dans un stationnement souterrain.

Le propane et le gaz naturel ont des points d'inflammation beaucoup plus élevés que celui de l'essence, ce qui contribue à rendre ces deux carburants plus sûrs. Les vapeurs d'essence peuvent s'enflammer lorsqu'elles sont exposées à une source de chaleur dont la température est de 257 °C. Par contre, le propane s'enflamme seulement à une température de 490 °C, et le gaz naturel s'enflamme à une température encore plus élevée, soit 649 °C. Les vapeurs d'essence forment des concentrations explosives plus rapidement que les vapeurs dégagées par les carburants gazeux. En d'autres mots, l'essence est plus prompte aux explosions, bien que les trois carburants puissent exploser, tout dépendant des conditions ambiantes et de la proportion d'air présent.

Tous les systèmes de carburation au propane comportent un certain nombre de caractéris-



Le point d'inflammation du propane et du gaz naturel est beaucoup plus élevé que celui de l'essence.

tiques de sécurité, à savoir : une soupape de détente aménagée sur le réservoir et qui libère toute pression excessive due à la surchauffe ou au remplissage excessif; une soupape d'excédent de débit qui interrompt automatiquement la circulation du carburant en cas de rupture de la conduite d'alimentation; une double soupape de remplissage antiretour intégrée au réservoir et qui empêche le refoulement du gaz ou du liquide au moment du remplissage; une soupape d'arrêt commandée par solénoïde ou par le vide du moteur et qui interrompt l'écoulement du propane lorsque le moteur cale ou qu'on l'arrête; enfin, une soupape de détente hydrostatique installée sur la conduite de carburant liquide entre deux soupapes de fermeture et qui laisse sortir le propane si la pression devient trop forte. De plus, les réservoirs de propane sont conçus de façon à supporter des pressions quatre à cinq fois plus élevées que leur pression nominale, pour empêcher toute rupture du réservoir.

Dans les véhicules au gaz naturel, le raccord de remplissage a été conçu afin d'assurer un remplissage sûr et rapide. Pour le consommateur, il y a très peu de différence entre faire le plein d'essence et faire le plein de gaz naturel.

Les systèmes d'alimentation en gaz naturel sont aussi conçus en fonction de la sécurité. Les réservoirs de gaz naturel approuvés pour les véhicules sont fabriqués en acier très résistant ou en filaments d'aluminium enroulés. Les réservoirs doivent résister à une pression nominale de 25 MPa et à une pression d'épreuve de 70 MPa. Ils sont fixés au véhicule au moyen d'un cadre, de supports et de sangles. Le raccord de remplissage comporte les éléments suivants : un interrupteur de verrouillage qui empêche le démarrage au cours du remplissage, une soupape qui rétablit automatiquement l'étanchéité du système une fois le remplissage terminé, ainsi qu'un dispositif de sécurité prévenant toute pression excessive.

Tout carburant présente des risques de combustion ou d'explosion en cas d'accident. Les réservoirs et les dispositifs de carburation employés pour le propane et le gaz naturel sont cependant de construction plus robuste que les véhicules dans lesquels ils sont montés. Ce matériel possède une fiche impressionnante au chapitre de la résistance, même dans les accidents les plus graves.

La norme nationale du Canada CAN1-B149.2, publiée par l'Association canadienne du gaz et adoptée par la plupart des provinces, impose des restrictions à l'égard du stationnement des véhicules au propane. Par exemple, elle interdit le stationnement souterrain des véhicules au propane, à moins qu'ils ne soient munis d'une soupape d'arrêt automatique à 80 % de la capacité, ce qui laisse de la place dans le réservoir en cas de dilatation du propane.

La norme nationale du Canada CAN 1-B149.1, préparée par l'Association canadienne du gaz, porte sur l'installation des systèmes au gaz naturel, sur les réservoirs employés dans les véhicules et sur les postes de ravitaillement.

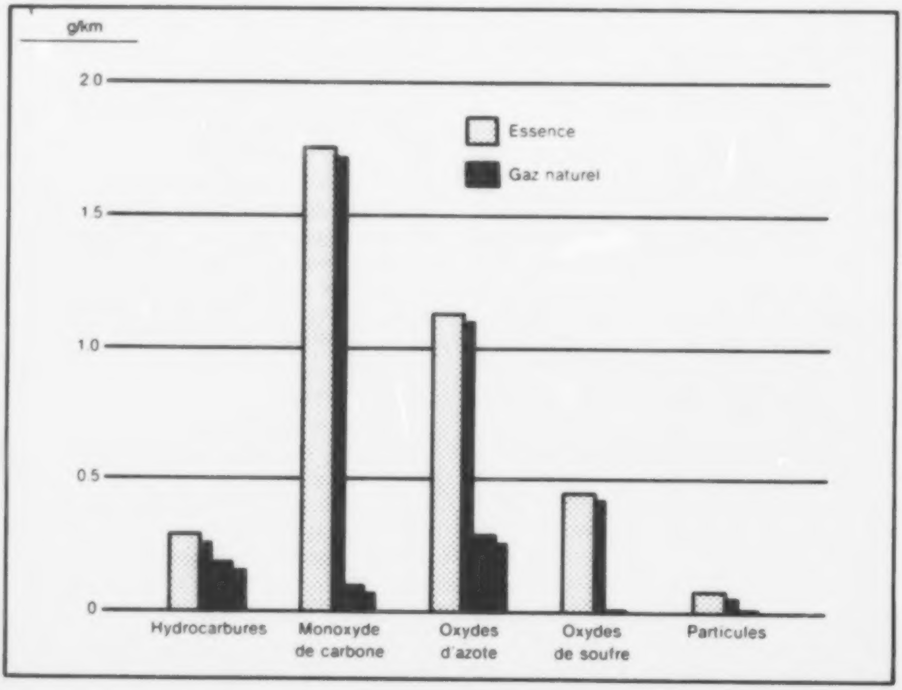
La conversion d'un véhicule doit être réalisée par un mécanicien habilité par sa province à faire ce genre de travaux. Les primes d'assurance et les garanties ne sont habituellement pas modifiées à la suite de la conversion. Selon l'ACG, les assureurs et les responsables des services d'incendie jugent que le gaz naturel et le propane sont au moins aussi sûrs que l'essence, ce que confirme l'expérience des dernières années.

Incidences sur l'environnement

En règle générale, les moteurs au propane et au gaz naturel ont moins d'incidences sur l'environnement que les moteurs à essence. La combustion du propane est plus complète que celle de l'essence, ce qui se traduit par une réduction des gaz d'échappement, en particulier le monoxyde de carbone et les hydrocarbures. Avec un véhicule au gaz naturel, les concentrations de monoxyde de carbone sont négligeables. En outre, les concentrations d'hydrocarbures sont à peu près identiques à celles produites par la combustion de l'essence. Mais ces hydrocarbures sont composés principalement de méthane non brûlé, qui n'est pas toxique et ne cause pas de fumard photochimique (le «smog»).

Le gaz naturel et le propane ont tous deux un indice d'octane élevés; nul besoin donc d'additifs au plomb, d'où l'élimination des vapeurs de plomb. Les moteurs à carburant gazeux ne produisent pas plus d'oxydes d'azote que les moteurs à essence. De plus, la combustion du propane ou du gaz naturel ne produit aucun soufre.

Le gaz naturel est beaucoup plus «propre» que l'essence. Voici les «critères des émanations polluantes» (c'est-à-dire la somme des émanations pour toutes les étapes, de l'extraction du carburant à sa combustion dans le véhicule) de l'essence et du gaz naturel.



LE DOSSIER DES CARBURANTS GAZEUX À L'ÉTRANGER

En adoptant les carburants gazeux, le Canada peut profiter de plusieurs décennies d'expériences et d'utilisation pratique de par le monde. Le propane est très employé aux États-Unis, au Japon, et ailleurs dans le monde, quoique dans une moindre mesure. Pour le consommateur, cela signifie que les pièces nécessaires à la conversion existent déjà. Pour le détaillant de carburant ou le propriétaire de parc de véhicules, c'est une garantie de la disponibilité et de la sécurité du matériel de stockage, de ravitaillement et de mesure.

Peu connu encore des Canadiens, le gaz naturel est un carburant très employé dans de nombreux pays. L'Italie est le plus grand utilisateur de gaz naturel pour véhicules. On y dénombre plus de 250 000 véhicules roulant au gaz naturel. Déjà au début des années 1920, les Italiens l'employaient comme carburant. Aujourd'hui, les véhicules au gaz naturel s'alimentent à quelque 200 postes de ravitaillement publics. La France et les États-Unis possèdent d'importants parcs de véhicules commerciaux roulant au gaz naturel. Dans ces pays comme en Italie, le gaz naturel présente un excellent dossier au chapitre de la sécurité.

La Nouvelle-Zélande, qui a de vastes réserves de gaz naturel mais pas de pétrole, est le meilleur exemple de la conversion rapide à ce carburant. Grâce à l'aide offerte par le gouvernement et suite à l'acceptation du gaz naturel par les automobilistes, les Néo-Zélandais disposent maintenant de près de 80 000 véhicules au gaz naturel, et ce nombre s'accroît de 4 000 véhicules par mois.

Nombreux sont les pays qui ont des ressources abondantes de gaz naturel mais peu de pétrole. Plusieurs d'entre eux, dont l'Iran, le Bangladesh, la Thaïlande et le Pakistan, songent à faire du gaz naturel un carburant primaire dans leur future infrastructure des transports.

L'AVENIR DES CARBURANTS GAZEUX

Selon des projections récentes de l'Office national de l'énergie, les carburants gazeux représenteront environ 5 % du marché des carburants d'ici 2005. Cette proportion peut sembler minime, mais il s'agit d'une augmentation importante par rapport à la part qu'ils détenaient au milieu des années 1980, soit environ 1 %. Afin de mieux illustrer ces projections, mentionnons que tout le secteur ferroviaire au Canada consomme justement 5 % de notre production actuelle de carburants.

D'ici la fin du siècle, on prévoit que le gaz naturel et le propane s'imposeront de plus en plus comme carburants. On prévoit également que le Canada demeurera un exportateur net de propane jusqu'à la fin du siècle. Les approvisionnements en propane devraient continuer à augmenter au même rythme que la mise en valeur des gisements de gaz naturel destinés aux marchés intérieurs et étrangers, car la production du propane canadien est en grande partie associée à celle du gaz naturel.

Les perspectives à long terme pour le gaz naturel sont prometteuses, en raison de nos réserves abondantes. À l'heure actuelle, l'emploi généralisé du gaz naturel se heurte à certains problèmes : poids et encombrement des réservoirs, faible densité énergétique (même lorsque le gaz naturel est fortement comprimé) et nombre restreint de postes de ravitaillement. Grâce aux travaux de recherche, on pourra toutefois régler ces problèmes.

Une solution évidente consiste à construire des réservoirs plus légers pouvant supporter des pressions plus élevées. Les véhicules auraient ainsi une autonomie plus grande et perdraient moins d'espace qu'avec le matériel actuel. Les chercheurs poursuivent leurs travaux dans de nombreuses directions, mais les solutions proviendront peut-être d'avenues totalement inattendues. Par exemple, il serait possible d'emmagasiner de plus grandes quantités d'énergie dans un espace restreint grâce au stockage du gaz naturel sous faible pression en milieux poreux. La liquéfaction du gaz naturel par réfrigération permet d'augmenter la densité énergétique, mais cette technique nécessite davantage de travaux de recherche et de démonstration.

En plus des avantages directs comme les économies de carburant et la réduction des incidences environnementales, les carburants gazeux ouvrent des perspectives intéressantes aux Canadiens. L'exploitation du potentiel hydro-électrique de nos rivières nous a permis de devenir des chefs de file mondiaux dans cette technologie. Le passage massif aux carburants gazeux nous permettrait également d'acquérir un vaste savoir-faire technologique, source d'activité industrielle et d'exportations. Ici comme à l'étranger, des marchés émergeront pour le matériel de stockage et de carburation, ainsi que pour les appareils de mesure, de ravitaillement et de compression. Compte tenu de la compétence canadienne dans l'exploitation, le traitement et le transport du gaz naturel, nous pourrions être fort concurrentiels sur ces nouveaux marchés.

À mesure que les carburants gazeux gagneront en popularité, le matériel associé à leur utilisation deviendra plus accessible et son

coût diminuera. Si l'on fabriquait un nombre suffisant de véhicules conçus expressément en fonction des carburants gazeux, le coût de ces véhicules serait à peine plus élevé que celui des véhicules à essence. De plus, le nombre d'ateliers de conversion, de comptoirs de pièces et de postes de ravitaillement augmenterait. Tout cela représenterait une nouvelle industrie importante qui pourrait stimuler l'investissement et l'emploi.

Comme l'ont amplement démontré les évènements de la dernière décennie, prévoir l'avenir énergétique est une entreprise risquée. Malgré les perspectives changeantes et la diminution des réserves de pétrole léger, nos réserves abondantes de gaz naturel et de propane constituent un gage de sécurité.

GLOSSAIRE

Adaptateur de carburateur	Dispositif adjoint au carburateur et qui permet à un moteur de fonctionner à l'essence ou au GPL.
Adoucissement	Opération qui consiste à améliorer la couleur et l'odeur d'un produit pétrolier en enlevant par des procédés chimiques les composés de soufre qu'il contient.
Alcool	L'une des grandes séries de composés organique. Certains alcools existent à l'état naturel, mais la plupart sont synthétiques. Les alcools sont formés par le remplacement, dans une molécule d'hydrocarbure, d'un ou plusieurs atomes d'hydrogène par un groupement hydroxyle.
Anticognement	Résistance d'un carburant au cognement (voir ce terme).
Bassin sédimentaire	Ancienne dépression de fond marin dans laquelle des sédiments se sont déposés. Un tel bassin est épais au centre et plus mince vers les bords.
Biogaz	Carburant gazeux composé principalement de méthane et produit par décomposition anaérobie des déchets agricoles ou domestiques.
Biomasse	Matières d'origine végétale, y compris les résidus agricoles, le bois et le fumier.
Brûlage à la torche	Opération qui consiste à brûler l'excès de gaz naturel à la sortie du puits.
Butane	Hydrocarbure gazeux, volatil et hautement inflammable, de formule C_4H_{10}, extrait du gaz naturel ou produit par craquage du pétrole. Utilisé comme agent de mélange pour accroître la pression de vapeur de l'essence et faciliter le démarrage à froid. Existe sous deux formes moléculaires différentes, ou isomères : le butane normal (n-butane) dont les quatre atomes de carbone sont disposés en chaîne droite, et l'isobutane dont les quatre atomes de carbone forment une chaîne ramifiée. Le pouvoir calorifique du n-butane est plus élevé.
Carburant diesel	Mazout de haute qualité utilisé dans les moteurs à allumage par compression. Il en existe différentes qualités : l'ordinaire a un indice de cétane de 40 à 45, et le super a un indice de cétane de 45 à 50.
Carburants classiques	Expression qui désigne les carburants liquides obtenus par raffinage du pétrole brut.
Carburateur	Organe d'un moteur de véhicule qui dose et fournit automatiquement aux cylindres le mélange approprié de combustible vaporisé et d'air afin d'assurer la combustion efficace du mélange.
Cascade	Désigne une batterie de réservoirs cylindriques reliés en série.
Champ fermé	Champ de pétrole ou de gaz naturel dont le débit est arrêté par fermeture des vannes d'entrée ou de sortie.

Cognement	Dans un moteur à allumage par étincelle, bruit ou cliquetis qui se produit lorsque le mélange air-essence s'allume spontanément avant que la bougie n'ait livré son étincelle. Un tel auto-allumage peut endommager le moteur. On l'élimine en utilisant un carburant à indice d'octane plus élevé.
Colonne de fractionnement	Tour verticale servant à séparer des gaz ou des liquides en fractions selon leurs points d'ébullition.
Condensat	Mélange de pentanes et d'hydrocarbures plus lourds retiré des puits de pétrole ou de gaz; ils sont gazeux à la production mais se liquéfient en refroidissant à la surface.
Conversion après achat	Installation, après la fabrication d'un véhicule, d'un matériel de carburation permettant l'utilisation d'un carburant différent de celui pour lequel le véhicule a été conçu.
Convertisseur	Organe faisant office de vaporisateur et de régulateur de pression dans un moteur fonctionnant au carburant gazeux. Convertit le propane et le butane liquides, qui sont à une pression élevée dans le réservoir, en carburant gazeux à une pression légèrement inférieure à la pression atmosphérique. Commande également le débit et la pression du carburant admis dans le carburateur de façon à assurer le fonctionnement efficace du moteur à tous les régimes et sous toutes les charges.
Corrosion	Érosion d'une surface métallique causée par la réaction chimique du métal avec les substances en contact avec celui-ci.
Courbe de l'avance à l'allumage	Courbe qui indique à quel instant un moteur à allumage par étincelle doit livrer une étincelle afin de fonctionner de façon optimale à tous les régimes et sous toutes les charges. L'étincelle est automatiquement retardée ou avancée en fonction de certains critères. Pour que le moteur donne une puissance maximale à régime élevé, l'étincelle doit être produite légèrement en avance du cycle moteur.
Critères des émanations polluantes	Somme de toutes les émanations polluantes d'un carburant, de son extraction à son utilisation dans un véhicule.
Déchets municipaux	Désigne l'ensemble de la biomasse comprise dans les déchets municipaux et les eaux usées. Donne des combustibles par gazéification ou décomposition anaérobie.
Décomposition anaérobie	Décomposition de substances organiques, tels les résidus agricoles, en substances utiles grâce à l'action des bactéries en l'absence d'oxygène.
Distillation fractionnée	Procédé qui permet de séparer un mélange de liquides de volatilité différente, comme le pétrole brut, en ses divers composants. À cette fin, on chauffe le mélange et l'on condense chaque fraction vaporisée qui est recueillie.
Essence	Mélange raffiné d'hydrocarbures liquides et volatils tirés du pétrole, et dont l'indice d'octane est compris entre 60 et 100; utilisé comme carburant dans les moteurs à allumage par étincelle.
Éthane	Hydrocarbure gazeux, incolore et inflammable, de formule C_2H_6, présent en faibles quantités dans le gaz naturel.

Filtre à carburant	Dispositif installé dans la conduite de carburant d'un véhicule, entre la pompe à carburant et le carburateur; sert à retenir l'eau et les particules solides.
Fraction	Produit de raffinage ou de distillation contenant tous les composés dont le point d'ébullition est compris entre deux températures ou points de coupe choisis arbitrairement. Le naphta, le kérosène et les mazouts sont des fractions.
Fractionnateur	Voir colonne de fractionnement.
Fractionnement	Voir distillation fractionnée.
Gaz acide	Gaz naturel contenant une quantité relativement élevée de soufre, ce qui lui donne une odeur désagréable.
Gaz de gazogène	Mélange gazeux fabriqué, composé principalement de monoxyde de carbone, d'hydrogène et d'azote. On fabrique ce gaz en faisant circuler de l'air et de la vapeur au-dessus d'un lit de charbon ou de coke incandescent.
Gaz de pétrole liquéfié	Groupe d'hydrocarbures gazeux, principalement du butane et du propane, produit lors de l'extraction de pétrole brut et de gaz naturel; c'est aussi un sous-produit du raffinage. Ces gaz sont comprimés sous forme liquide afin d'en faciliter le stockage, le transport ainsi que l'emploi comme combustibles.
Gaz naturel	Mélange inflammable d'hydrocarbures gazeux, principalement du méthane. Existe à l'état naturel et est habituellement associé au pétrole brut.
Gaz naturel de remplacement	Voir Gaz naturel synthétique.
Gaz naturel synthétique	Gaz combustible fabriqué dont la composition et le contenu énergétique sont similaires à ceux du gaz naturel tiré d'un champ gazifère.
Gazéification	Production de méthane à partir du charbon ou de biomasse; on amène les charges de départ à température élevée, sous haute pression, en présence d'une quantité restreinte d'oxygène.
Gazogène	Appareil transporté par un véhicule et servant à produire du gaz carburant par combustion partielle de bois ou de charbon de bois.
GPL	Voir Gaz de pétrole liquéfié.
Groupement hydroxyle	Partie de molécule composée d'un atome d'oxygène lié à un atome d'hydrogène. C'est un composant caractéristique des alcools.
Hydrocarbure	Terme désignant une vaste famille de composés chimiques contenant uniquement des atomes de carbone et d'hydrogène et qui sont à la base de tous les produits pétroliers. Les hydrocarbures qui ont peu d'atomes de carbone sont des gaz et ceux qui en ont en grand nombre sont des solides.
Hydrocarbures condensables	Gaz d'hydrocarbures qui peuvent être liquéfiés sous des pressions modérées. Le propane et le butane sont des hydrocarbures condensables.

Hydrogène	Le plus simple et le plus léger des éléments. Dans sa forme moléculaire, c'est un gaz incolore, inodore et sans goût, mais on ne le retrouve pas sous cette forme dans la nature.
Hydrogène sulfuré	Gaz toxique et inflammable dont l'odeur caractéristique est celle des oeufs pourris. Formé par réaction de l'hydrogène avec le soufre lors du raffinage du pétrole et présent dans le gaz naturel. Provoque la corrosion des métaux.
Indice d'octane	Valeur arbitraire qui indique les propriétés antidétonantes d'une essence. Indique dans quelle mesure un carburant résiste à l'allumage précoce. À de l'isooctane (indice d'octane = 100), on ajoute du n-heptane (indice d'octane = 0) afin d'obtenir un mélange ayant les mêmes propriétés antidétonantes que l'essence testée. La proportion d'isooctane dans le mélange donne l'indice d'octane de l'essence. Les essences disponibles sur le marché ont habituellement un indice d'octane de 92 à 100.
Inflammable	Qui s'enflamme facilement.
Injecteur	Pompe haute pression qui injecte le carburant liquide directement dans les cylindres du moteur.
Injection au papillon	Technique qui consiste à injecter le carburant dans l'air d'arrivée avant la distribution du mélange dans les cylindres du moteur.
Injection en point unique	Voir Injection au papillon.
Injection multiple	Technique qui consiste à injecter directement le carburant dans chacun des cylindres du moteur.
Jauge à flotteur	Dispositif qui mesure la hauteur d'un flotteur à la surface du carburant pour indiquer la quantité de carburant dans le réservoir du véhicule.
Levé magnétique	Utilisation d'un magnétomètre au sol ou dans les airs afin de tracer les variations locales de l'intensité magnétique, lesquelles permettent de déterminer la profondeur, les dimensions et la forme des structures géologiques.
Liquéfaction	Conversion de charges de départ solides en combustibles liquides par réchauffement, ou conversion d'un gaz en combustible liquide par refroidissement ou pressurisation.
Méthane	Gaz inflammable, incolore et inodore, de formule CH_4, ce qui en fait le plus simple des hydrocarbures. C'est le principal composant du gaz naturel.
Méthanol	Liquide toxique et incolore, de formule CH_3OH. C'est l'alcool le plus simple. Aussi appelé alcool méthylique.
Monoxyde de carbone	Gaz toxique, inodore et incolore composé en parties égales de carbone et d'oxygène. Résultat de la combustion partielle (oxydation) des carburants.
Moteur à injection	Moteur à carburant gazeux nécessitant l'injection d'une faible quantité de carburant diesel afin d'amorcer la combustion du carburant gazeux.

Moteur à piston	Type de moteur caractérisé par le mouvement alternatif de pistons logés dans des cylindres. La plupart des automobiles sont équipées d'un moteur à piston.
Oxydes d'azote	Famille de gaz composés d'atomes d'azote et d'oxygène; comme ce sont des produits de combustion, on les retrouve dans les gaz d'échappement. Habituellement désignés par le sigle NO_x. Tous ces gaz sont toxiques sauf le bioxyde d'azote.
Pentane	Hydrocarbure liquide, incolore et inflammable, de formule C_5H_{12}, tiré du pétrole et présent dans l'essence.
Piston	Organe du moteur qui coulisse dans le cylindre sous l'effet de l'explosion du carburant.
Point d'inflammation	Plus basse température à laquelle un combustible commence à s'enflammer en présence de l'air.
Point de rosée	Température à laquelle une vapeur commence à se condenser.
Propane	Hydrocarbure gazeux lourd, volatil et incolore, de formule C_3H_8, facilement liquéfiable à température ambiante. C'est le principal composant du gaz de pétrole liquéfié. Peut être extrait du gaz naturel et peut aussi être produit lors du raffinage.
Raffinage	Ensemble de procédés visant à séparer le pétrole brut en ses divers constituants chimiques, lesquels sont par la suite transformés en produits utilisables.
Réfrigération par cryogénie	Technique de stockage à très basse température (sous -200°C) qui permet de conserver à l'état liquide les carburants à faibles points d'ébullition.
Regazéification	Procédé qui consiste à reconvertir le gaz naturel liquéfié en substance gazeuse destinée à être utilisée comme combustible.
Régulateur de pression	Dispositif installé sur la soupape de respiration d'un système fermé de stockage de gaz afin de maintenir la pression à l'intérieurs des limites prescrites.
Réserves	Partie d'une ressource identifiée dont on connaît la quantité et la qualité et dont on peut extraire de l'énergie à l'aide des techniques courantes.
Réserves de pétrole classique	Pétrole brut et condensats qui peuvent être récupérés d'une roche réservoir souterraine à l'aide des techniques classique de production.
Réserves potentielles	Ressources dont l'extraction dépend d'un certain nombre de facteurs géologiques, techniques et économiques.
Richesse du mélange carburant	Rapport du poids de l'air et du carburant requis pour assurer un allumage uniforme dans un moteur automobile.
Soupape d'arrêt	Dans un moteur au propane, soupape actionnée par un solénoïde qui règle le débit de carburant. Permet au propane liquide de s'écouler vers le vaporisateur seulement quand le moteur fonctionne ou est mis en marche.

Système de carburation double	Système de carburation pouvant utiliser deux carburants différents; par exemple, l'essence et le GPL.
Système de carburation unique	Système de carburation ne permettant l'emploi que d'un seul carburant, par opposition au système de carburation double.
Taux de compression	Rapport entre le volume de gaz dans le cylindre avant la compression et le volume du gaz après sa pleine compression par le piston. Si le taux de compression est trop élevé, le moteur produit un cognement. Dans un moteur d'automobile moderne, le taux de compression est d'environ 9:1.
Télédétection	Ensemble de techniques qui permettent de recueillir des informations sur un gisement pétrolier sans nécessiter un contact physique avec celui-ci. La télédétection est habituellement réalisée par aéronef ou par satellite.
Usine de chevauchement	Usine de traitement du gaz naturel, localisée le long d'un embranchement principal d'un gazoduc et qui extrait du gaz divers substances : éthane, propane, butanes et condensats.
Vaporisateur	Dispositif servant à convertir un carburant liquide en gaz.
Vitesse de propagation du front de flamme	Vitesse à laquelle le front de combustion se déplace dans un mélange explosif tel l'essence.

Available in English under the title
FUTURE TRANSPORTATION FUELS
GASEOUS FUELS